Adir Giannini da Costa
Elis de Souza Pinto

Inventário das emissões de gases de efeito estufa

e respectiva valoração econômica dos serviços ambientais, provenientes da produção orgânica de alimentos em unidade familiar

Ano 2023

Adir Giannini da Costa
Elis de Souza Pinto

Inventário das emissões de gases de efeito estufa

e respectiva valoração econômica dos serviços ambientais, provenientes da produção orgânica de alimentos em unidade familiar

Ano 2023

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Bruno Oliveira
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Inventário das emissões de gases de efeito estufa e respectiva valoração econômica dos serviços ambientais, provenientes da produção orgânica de alimentos em unidade familiar

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Autores: Adir Giannini da Costa
Elis de Souza Pinto

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C837 Costa, Adir Giannini da
Inventário das emissões de gases de efeito estufa e respectiva valoração econômica dos serviços ambientais, provenientes da produção orgânica de alimentos em unidade familiar / Adir Giannini da Costa, Elis de Souza Pinto. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0783-6
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.836231701

1. Aquecimento global. 2. Efeito estufa (Atmosfera). 3. Meio ambiente. 4. Créditos de carbono. I. Costa, Adir Giannini da. II. Pinto, Elis de Souza. III. Título.

CDD 363.73874

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

E o dia em que o sol não nascer?
Que o mar se enfurecer...
E tudo que tinha vida morrer?
que você vai fazer?

E quando o azul do céu desaparecer?
O solo apodrecer...
E tudo adoecer?

O que você vai fazer?
Para onde você vai correr?

‘Rama’

AGRADECIMENTOS

Tenho 76 anos. É uma longa caminhada e, para mim, está sendo muito difícil escrever esta página de agradecimento porque, provavelmente, esquecerei de alguns amigos, que se perderam juntos com algumas sinapses que, infelizmente, não as recuperarei jamais.

Agradeço ao Prof. Everaldo Zonta, meu orientador, pela compreensão, crítica, orientação, ajuda e compaixão, que muito me motivaram a continuar aprendendo, e principalmente, por estabelecer uma relação mestre-discípulo, digna de um MESTRE.

Agradeço ao Prof. Adriano Portz, meu co-orientador, por sua compreensão e paciência ao dividir comigo parcela de todo seu conhecimento e pelas importantes sugestões.

Agradeço à Profª. Fabiana Soares dos Santos, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da UFF, por sua dedicação na construção deste programa, constituído de enorme desafio em seu caráter multidisciplinar e, além disso, na qualidade de docente por compreender minhas limitações no que se referem à Ciência dos Solos.

Agradeço aos amigos do Laboratório de Estudo das Relações Solo-Planta (LSP) da UFRRJ, por todo apoio e companheirismo.

Ao Sr. Leonardo Zonta (*in memorium*) e à Sra. Salete Kaginski Zonta, proprietários do Sítio do Sol, de onde foram coletadas as amostras de solo e disponibilizadas informações sobre a produção orgânica de alimentos, inclusive as relativas à comercialização e à certificação. A eles, minha eterna gratidão.

Muito Obrigada!

Adir Giannini da Costa

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Elcio e Denise, pelo amor, apoio e suporte durante todo meu percurso pessoal e profissional, e por investir em minha educação e formação.

Ao Dr. Diego Macedo Veneu, professor da disciplina de Bacias Hidrográficas do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Vassouras, que compartilhou comigo seus conhecimentos, acrescentando informações essenciais para meu crescimento profissional.

À Dra. Cristiane de Souza Siqueira Pereira, Coordenadora do Curso de Engenharia Química da Universidade de Vassouras, minha orientadora, pela paciência, compreensão, disponibilidade, orientação, gentileza e compaixão, que me impulsionaram a seguir meu caminho.

Aos colegas da Engenharia Ambiental, por todo apoio, amizade e cumplicidade.

Aos colegas de trabalho Wayllon Moreira e Camila Rodrigues, pela oportunidade, pelos ensinamentos e pela amizade que construímos, que me motivaram a enfrentar os desafios.

Muito obrigada!

Elis de Souza Pinto

O sistema orgânico de cultivo refere-se àquele obtido através de processos naturais, que não degradam o meio ambiente e que se realizam sem a presença de pesticidas, herbicidas, fungicidas e outros aditivos químicos sintéticos. O sistema orgânico de produção, além de ser livre de agrotóxicos, envolve tecnologias determinantes de práticas de manejo sustentáveis. É voz corrente, e de domínio público, os danos à saúde humana, causados pelos agrotóxicos contidos nos alimentos, quando produzidos pelo sistema convencional de cultivo. A redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), proposta pelo Protocolo de Kyoto, em 1997, vem consolidando (e concentrando) o mercado de carbono. Verifica-se, no entanto, que, da forma em que foi concebido (escala de produção), não alcança à produção orgânica familiar.

Observou-se, assim, a necessidade de um estudo mais aprofundado com relação às especificidades deste mercado. É difícil aceitar que o incontestável agravamento de problemas climáticos mundiais, decorrentes do excesso de emissões de GEE, seja acompanhado por tão poucas ações efetivas para enfrentá-los. É neste contexto que se pretende responder a um questionamento: em que nível de participação o sistema orgânico de cultivo responde pela redução dos GEE?

O presente livro, que busca contribuir para clarear esta questão, representa uma atualização da Dissertação de Mestrado, intitulada “Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa e respectiva Valoração Econômica dos Serviços Ambientais provenientes da Produção Orgânica de Alimentos em Unidade Familiar”, apresentada no Programa de Pós-Graduação *stricto senso* em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense (UFF). Este Programa tem a missão de formar pesquisadores com perfil interdisciplinar. Assim sendo, a pesquisa está estruturada sobre 03 (três) pilares do conhecimento, a saber: Agronomia, Meio Ambiente e Economia.

Através do primeiro pilar - Agronomia - obteve-se e analisou-se os dados primários, com base nos resultados laboratoriais de solos e os obtidos em entrevistas com produtor certificado pela Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO). Para o segundo deles - Meio Ambiente - procedeu-se à elaboração do inventário das emissões dos GEE, obedecendo-se às metodologias utilizadas na Ferramenta de Cálculo do *Green House Gas - GHG Protocol* Agricola, baseadas nas mesmas diretrizes utilizadas pelo II Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de GEE - Relatório de Referência da Coordenação Geral de Mudanças Globais, Ministério da Ciência e Tecnologia, que seguem as orientações contidas no relatório do *Intergovernmental Painel On Climate Change* - IPCC *Guidelines.* E, finalmente, terceiro pilar - Economia - considerou-se para a valoração e precificação dos bens ambientais, de acordo

com a classificação de Kumar (2010), os bens de uso indireto (armazenamento de carbono) precificados, utilizando-se os valores obtidos na plataforma do Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia da Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Além dos objetos de estudo de Agronomia (análise de solos), do Meio ambiente (emissão de GEE) e de Economia (valoração dos serviços ambientais), a missão a que se destina esta presente publicação vai além dos conceitos científicos pertencentes àqueles campos do conhecimento. Trata-se, principalmente, do ato de respeitar e obedecer ao “Princípio da Isonomia”, que garante os mesmos direitos a todos os produtores rurais, independentemente da escala de produção em que trabalhem.

Assim sendo, as autoras pretendem contribuir com a publicação deste livro, no sentido de que as unidades de produção orgânica familiar possam ser contempladas pela Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais - PNPSA e pelo Sistema Nacional da Redução de Emissões do GEE, tendo a oportunidade de acessar à compensação financeira, e, através destes pagamentos ao serem inseridas no mercado voluntário de carbono.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS

ABC - Agricultura de Baixo Carbono
ABD - Associação Biodinâmica
ABIO - Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro
AFOLU - *Agriculture, Forestry and Other Land Use*
AIC - Atividades Implementadas Conjuntamente
ANA - Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico
ANC - Associação de Agricultura Natural de Campinas
AND - Agência Nacional Designada
BIRD - *International Bank for Reconstruction and Development-World Bank*
BM&F - Bolsa de Mercadorias e Futuros
BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
BVRJ - Bolsa de Valores do Rio de Janeiro
CAI - Complexo AgroIndustrial
CC - Cultivo Convencional
CE - Comércio de Emissão
CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CNPS - Centro Nacional de Pesquisa de Solos
CNUMAD - Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
COP - Conferência das Partes
COVNM - Compostos Orgânicos Voláteis não Metânicos
DAB - Diretrizes Agrícolas Brasileiras
ECOCERT - *ECOCERT* Brasil Certificadora Ltda
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO *- Food and Agriculture Organization*
FE - Fator de Emissão
FGV - Fundação Getúlio Vargas
FiBL – *Forschungsinstitut* für *Biologischen Landbau*
GCF - *Green Climate Fund*
GEE - Gases de Efeito Estufa
GHG - *Green House Gas*
GPS - *Global Positioning System*
GS - *Gold Standard for de Global Goals*
IBD - Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC - Implementação Conjunta
ICROA - Aliança Internacional de Redução e Compensação
IFOAM - *International Federation of Organic Agriculture Movements*
ILP - Integração Lavoura-Pecuária
ILPF - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
IME - Instituto de Mercado Ecológico
INDC - Contribuições Nacionalmente Determinadas
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INT - Instituto Nacional de Tecnologia
IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LULUCF - *Land Use, Land-Use Change and Forestry*
MAPA - Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MBRE - Mercado Brasileiro de Redução de Emissões
MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MDS - Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MOP - *Meeting of Parties to the Kyoto Protocol*
NAMA - *Nationally Appropriate Mitigation Action*
OBio - Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia
OI - Organizações Internacionais Intergovernamentais
OIA - Organização Internacional Agropecuária
ONU - Organização das Nações Unidas
PD - Plantio Direto
PIB - Produto Interno Bruto
PNCSA - Política Nacional de Compensação por Serviços Ambientais
PSA - Pagamento por Serviços Ambientais
RCE - Certificado de Redução de Emissões
REDD - Redução de Emissões para o Desmatamento e Degradação
SBSTA - *Subsidiary Body for Scientific Technological Advice*
SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática
SIN - Sistema Interligado Nacional
SINARE – Sistema Nacional de Redução e Compensação de Carbono
SISORG - Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica
SPG - Sistema Participativo de Garantia
TAR - *Third Assessment Report*
TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná
TFSA - Terra Fina Seca ao Ar
TFSE - Terra Fina Seca em Estufa
UFF - Universidade Federal Fluminense
UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UNCTAD *- United Nations Conference on Trade and Development*
UNFCCC - *United Nations Framework Convention on Climate Change*
USDA - *United States Department of Agriculture*
WRI - *World Resources Institute*
WWF - *World Wide Found*

INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica tem como princípios (e práticas) reforçar os ciclos biológicos, aumentando a fertilidade do solo, e minimizar todas as formas de poluição, evitando o uso de fertilizantes sintéticos e agrotóxicos, bem como mantendo a diversidade genética deste sistema de produção. Além disso, o sistema orgânico de cultivo apresenta-se sob a forma de estrutura familiar, produzindo alimentos de boa qualidade, ou seja, sem resíduos químicos prejudiciais à saúde. No Brasil, a agricultura orgânica moderna vem tendo maior visibilidade desde a década de 90, quando produtores e consumidores começaram a reconhecer que a utilização de insumos químicos sintéticos na produção de alimentos poderia causar sérios problemas à saúde da população e ao Meio Ambiente.

Verifica-se também que, desde os anos 90, a agricultura orgânica vem crescendo rapidamente, tanto em área cultivada e em número de produtores quanto em seu mercado consumidor. O crescimento da agricultura orgânica deve-se, principalmente, (*i*) ao fato de a agricultura convencional basear-se na utilização intensiva de produtos químicos sintéticos e (*ii*) à maior consciência de parcela dos consumidores quanto aos efeitos adversos que os resíduos dessas substâncias químicas possam causar à saúde. No entanto, o mercado de produtos orgânicos apresenta algumas dificuldades como a baixa escala de produção, a necessidade do pagamento da certificação, fiscalização e assistência técnica que, diferentemente do sistema convencional, representa elevados custos de transação adicionais para os produtores.

É importante ressaltar que existem poucos estudos disponíveis na literatura quanto aos aspectos econômico e ambiental da produção de alimentos orgânicos, embora a maioria deles relate a superioridade desses alimentos em relação aos produzidos de forma convencional. Em decorrência, essa pesquisa pretende reunir informações (dados primários) que permitam melhor avaliação econômica e ambiental do sistema orgânico de produção.

Quanto aos aspectos ambientais da produção orgânica, há diversos estudos abordando três pressupostos necessários à existência deste sistema de cultivo, a saber:

- Alimento orgânico é mais saudável (IFOAM, 2014);
- O solo nestas áreas apresenta-se capaz de sustentar a diversidade animal e vegetal, filtrar e tamponar poluentes, armazenar e ciclar nutrientes, determinando a qualidade do solo (RAIJ, 1991); e
- Livre de produtos químicos sintéticos (IFOAM, 2014).

Uma das afirmações, em voz corrente, é que há uma suposta melhora na fertilidade e na estrutura do solo, estando diretamente relacionada à quantidade de matéria orgânica. Há diversos estudos também que relatam a qualidade do solo por meio de atributos físicos, químicos e biológicos, em diferentes sistemas de manejo, mas existem poucos estudos que

mostrem a qualidade do solo sob o sistema orgânico de cultivo (BARBOSA, 2011).

Com o crescimento de produção orgânica, algumas perguntas à reflexão:

- Como seria a qualidade do solo sob o sistema de cultivo orgânico?
- A matéria orgânica adicional e o insignificante revolvimento do solo seriam diferenciadores de qualidade do solo?
- O sistema orgânico de cultivo contribui para o sequestro de carbono, reduzindo as emissões dos Gases do Efeito Estufa - GEE?
- E qual seria o valor econômico destas reduções?

Em relação às duas últimas questões, faz-se necessário elaborar um Inventário de Emissões dos GEE para confirmar (ou não) a capacidade de o sistema orgânico de cultivo sequestrar carbono e poder responder se este sistema representa um serviço ambiental. Em caso positivo, qual o montante econômico gerado pelo sistema orgânico de cultivo?

Para tal, a pesquisa pretende inventariar e valorar as emissões líquidas dos GEE, provenientes do sistema orgânico de cultivo, praticado por unidade produtiva certificada pela Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro - ABIO, localizada no município de Seropédica, RJ.

O instituto *Forschungsinstitut für Biologischen Landbau* - FiBL, em parceria com a *International Federation Of Organic Agriculture Moviments* - IFOAM, publica anualmente estatísticas mundiais sobre a produção agrícola orgânica. No Fórum de Agricultura Orgânica e Sustentável, foram apresentados os valores alcançados pelo comércio internacional de produtos orgânicos até 2013. Estes valores demonstram que o setor segue uma escalada significativa: partindo de US$25 bilhões, em 2003; atinge, em 2008, a US$50 bilhões e alcança a cifra de US$64 bilhões, em 2013. Estes resultados representam uma extraordinária *performance* do setor, pois corresponde a um acréscimo médio anual superior a 10% numa década de recessão econômica, tanto nos EUA quanto na União Europeia (IFOAM, 2014).

A publicação recente "*The World of Organic Agriculture,* 2022" apresenta dados estatísticos quinquenais da série histórica, a partir do ano de 2005, mostrando que, em 2020, o mercado mundial da produção orgânica alcançou o valor aproximado de €121 bilhões. Ainda nesta mesma publicação, verifica-se que a agricultura orgânica tem crescido significativamente no mundo, apresentando uma área de plantio de cerca de 75 milhões de hectares, cultivados por, aproximadamente, 3,4 milhões de produtores. (FRIEDRICH et al, 2022).

Em relação à área ocupada pela agricultura orgânica, as estatísticas contidas no "*The World of Organic Agriculture,* 2022" nos mostram que o Brasil está na 12ª posição em termos globais, com 1,3 milhões de hectares (FiBL, 2022). Vale lembrar que se posicionava em 4º lugar, em termos de área de cultivo orgânico, no *ranking* mundial com 1,8 milhões de hectares (FiBL, 2010). No entanto, nos dados registrados pelo Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006), a área agrícola

orgânica brasileira seria muito maior do que a considerada pelo IFOAM. A área de orgânicos no Brasil, identificada pelo IBGE, destacava o Brasil como a segunda maior área destinada ao cultivo orgânico do mundo, atrás somente da Austrália (IFOAM, 2014).

Antes de serem apresentados dados estatísticos, referentes ao setor da agricultura orgânica no Brasil, há que se fazer algumas considerações. Uma destas é sobre sua imprecisão motivada principalmente pela mudança da metodologia utilizada na obtenção desses dados oficiais nos Censos Agropecuários de 2006 e 2017. Tal fato dificulta a elaboração de uma série histórica do desenvolvimento da produção e da comercialização dos produtos orgânicos. Em decorrência, a ausência de informações quantitativas confiáveis dificulta a elaboração de políticas públicas de longo prazo para o setor.

Os resultados do Censo Agropecuário de 2006, disponíveis no Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, indicam a existência de 90.497 estabelecimentos agropecuários orgânicos, sendo 5.106 estabelecimentos declarados certificados pelos seus próprios responsáveis, mas os outros 85.391 estabelecimentos restantes registrados como orgânicos, ainda não eram certificados. No entanto, as estatísticas obtidas pelo Censo Agropecuário de 2017, daquela mesma plataforma SIDRA, mostram existir 68.716 estabelecimentos agropecuários certificados. Pesquisadores poderiam ser induzidos a erro se somente comparassem as estatísticas relativas à categoria “estabelecimentos agropecuários certificados”, onde supostamente teria havido um expressivo aumento de 5.016 para 68.716 desses estabelecimentos. Como houve mudança da metodologia nesses dois Censos Agropecuários, não é possível formular uma comparação confiável entre esses dois resultados.

Ainda assim, é inegável a importância deste setor na economia brasileira. No entanto, muitos produtores de alimentos orgânicos alegam que a colocação de seus produtos no mercado é dificultada por seu custo unitário de produção, decorrente da baixa produtividade e do elevado custo de transação, incluído neste o custo de certificação. Será que incentivos financeiros, sob a forma de Pagamento de Serviços Ambientais - PSA, poderiam representar um estímulo ao crescimento da oferta de alimentos orgânicos? E, assim sendo, estes serviços não poderiam participar e usufruir do mercado voluntário de carbono?

Com atual cenário de degradação ambiental, fica cada vez mais claro, que é necessário buscar medidas de controle que se sobreponham às ações do modelo convencional. Levando em consideração a deturpação do atual mercado econômico, que tem grande responsabilidade na destruição dos recursos naturais ao criar diversas externalidades, é importante estender as formas de incentivo econômico e outros instrumentos financeiros.

O meio ambiente e seus recursos naturais são explorados pela humanidade, criando uma série de externalidades, positivas e negativas, que afetam a atual e as futuras gerações. Para compreender as motivações para os programas de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA, é imprescindível observar o conceito de externalidade. O PSA tem como

objetivo compensar os agentes econômicos que geram serviços e bens ambientais, ao explorar os recursos naturais, que favorecem não apenas eles mesmo, como também a sociedade de modo geral. O princípio básico do PSA é fornecer incentivos econômicos àqueles que produziram bens ambientais que ultrapassem seu próprio benefício.

Na cidade de Rio Claro - RJ, é possível observar um exemplo de Pagamentos por Serviços Ambientais, através do Programa Produtores de Água e Floresta, que visa incentivar, mediante compensação financeira, os produtores rurais e possuidores de terras que, comprovadamente, contribuírem para a proteção e recuperação de mananciais. (ANA, 2020).

Em 1997, para fazer frente a esta realidade, na III Conferência das Partes (COP-3), foi assinado o Protocolo de Kyoto, idealizado como política pública global, que definia metas de redução de emissões de GEE a serem alcançadas pelos países desenvolvidos signatários deste Protocolo. Dois procedimentos foram apresentados para a redução dos GEE. O primeiro deles, menos comentado atualmente, seria através de introdução de novas tecnologias redutoras das fontes de emissões, ou seja, com a realização de investimentos necessários a mudanças na tecnologia adotada, responsável pelas referidas emissões. O segundo seria através do uso de mecanismos de flexibilização, entre eles o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL, que permitiria aos países em desenvolvimento participar desse processo como provedores de créditos de carbono. Em decorrência, foi criado o mercado regulado de carbono global a partir da assinatura do referido Protocolo.

Como os custos de transação são elevadíssimos para a entrada neste mercado, cerca de US$ 150 mil (LIMIRO, 2009), somente o grande capital consegue nele se realizar, representado por propriedades com áreas médias entre 1.113 ha e 3.095 ha (GIANNINI, 2011).

Assim, a produção agrícola familiar não tem acesso a tal mercado por ser direcionado, principalmente, ao reflorestamento, atividade que requer também extensas áreas e elevada inversão inicial financeira. É importante ressaltar a existência de determinadas práticas agrícolas de cultivo que contribuem na redução das emissões de GEE, como exemplo a produção de alimentos orgânicos. Por que este segmento econômico não poderia ser beneficiado, através de uma forma específica de participação no mercado de carbono ou receber por serviços ambientais gerados na unidade produtiva orgânica familiar?

OBJETIVOS

1 l GERAL

Inventariar e valorar economicamente as emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE, provenientes da produção de alimentos orgânicos, realizada em pequena propriedade rural, certificada pelo Sistema Participativo de Garantia - SPG pela Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro - ABIO, no município de Seropédica, RJ.

2 l OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar as emissões dos GEE, ocorridas na propriedade estudada.
- Quantificar o estoque de carbono sequestrado no solo da propriedade analisada.
- Quantificar as emissões líquidas de GEE.
- Valorar economicamente e precificar os bens ambientais de uso indireto da propriedade (armazenamento de carbono no solo).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A base teórico-conceitual da pesquisa sustenta-se sobre três pilares, a saber: o surgimento da agricultura orgânica, a instituição do mercado de carbono e a valoração econômica das emissões dos GEE.

1 I SURGIMENTO DA AGRICULTURA ORGÂNICA

Para se reconhecer a tendência atual da agricultura orgânica no Brasil, busca-se uma interpretação sobre esta prática agropecuária, a partir de sua maior expansão na década de 1990, que foi estimulada pelo discurso ecológico no Brasil. O termo Agricultura Orgânica é usado, de forma generalizada, em diversos países do mundo, citado em documentos oficiais de organismos internacionais (ONU, UNCTAD, FAO), e é também encontrado na legislação brasileira, como por exemplo na Instrução Normativa nº 7, de 17 de maio de 1999 (Brasil, 1999) e na Lei nº10.831, de 23 de dezembro de 2003 (Brasil, 2003).

Para melhor compreender a agricultura orgânica é necessário analisar as transformações pelas quais passou ao longo do tempo, ou seja, faz-se necessário avaliar as transformações havidas paralelamente no próprio setor agrícola.

A tração animal é considerada principal característica da Primeira Revolução Agrícola e facilitou grande migração de mão-de-obra para as fábricas na fase econômica pré-industrial. Este mecanismo permitiu a passagem do pousio ao cultivo anual, com o plantio de forrageiras e rotação com leguminosas, integrando a agricultura à pecuária. Esta integração converte o novo sistema produtivo à dependência de matéria orgânica como fertilizante constante da terra (MAZOYER & ROUDART, 2009). A diversidade de espécies vegetais e a adoção de diferentes sistemas de cultivo possibilitaram “aumentar a lotação de cabeças de gado nas propriedades, beneficiando a fertilidade dos solos, principalmente os solos fracos.” (EHLERS, 1994, p. 11). O cultivo e a criação de animais formaram progressivamente os alicerces das sociedades europeias. E esse longo acúmulo acabou por provocar um dos mais importantes saltos de qualidade da civilização humana: o fim da escassez crônica de alimentos. (VEIGA, 1991, p. 21).

A Segunda Revolução Agrícola caracteriza-se, principalmente, pela adoção de fertilizantes químicos. Vale lembrar que, em 1840, o químico alemão Justus von Liebig publica a teoria da nutrição mineral das plantas. De acordo com Ehlers (1994), Liebig é considerado o maior precursor da agroquímica, ou seja, da agricultura moderna, sendo utilizadas estas inovações tecnológicas da área química na estrutura produtiva existente na Primeira Revolução Agrícola.

Estas inovações representaram maior conhecimento científico e tecnológico agregado à Segunda Revolução Agrícola e possibilitou ao homem o controle sobre as variáveis pertinentes à produção agrícola. Em decorrência, verifica-se uma crescente especialização das atividades agrícolas, nascendo os sistemas de monoculturas que, por

sua vez, vão determinar a adoção de agroquímicos, devido aos problemas decorrentes desse sistema (doenças e pragas).

Como resposta às grandes transformações, que representam a hegemonia do capital industrial sobre o agrícola, surgiram diversos movimentos alternativos, em vários locais do mundo, simultâneos e independentes entre si. Na década de 1920, surge a agricultura biodinâmica, na Alemanha e na Áustria; na década seguinte, a agricultura natural, no Japão, e a agricultura organobiológica na Suíça e Áustria. Nos anos de 1930 a 1940 surgiu a agricultura orgânica, na Grã-bretanha e nos Estados Unidos (DAROLT, 2002). Freitas (2002) ressalta que essas quatro principais correntes de agricultura possuem princípios e histórias distintas, mas que: “As quatro vertentes mais expressivas da agricultura alternativa não parecem apresentar características contraditórias.”

Uma questão bastante tratada no meio acadêmico refere-se à questão da expansão do modo capitalista de produção sobre o espaço rural, em especial, sobre os denominados modelos alternativos de produção, analisando também quais foram as motivações para esta expansão e qual foi o interesse de grandes produtores em mudar suas práticas produtivas tradicionais para este modelo. Surge, então, a necessidade de uma revisão bibliográfica sobre o surgimento de modelos alternativos em uma tentativa de mostrar a variedade implícita neste contexto.

A economia mundial, com o término da II Grande Guerra, atingiu fase expansionista em vários setores, dentre eles a agricultura e a pecuária em diversos países, inclusive o Brasil. Isto porque a lógica da expansão do modo capitalista de produção é buscar novos espaços para sua acumulação e reprodução como condição de sua própria existência, garantindo a produtividade voltada para a obtenção do lucro (HARVEY, 2004).

Inicia-se uma fase na história da agropecuária mundial (Revolução Verde), sustentada pelo discurso do aumento da produtividade e da qualidade dos alimentos. Mais especificamente, a partir da década de sessenta, houve uma transferência de tecnologias (antes aplicadas para fins militares) para o espaço rural (DELGADO, 1985). Esta transferência, além de prolongar o período de amortização dos investimentos em tecnologias militares, objetiva um aumento da produtividade da agropecuária e das indústrias químicas em expansão. Assim:

> “De forma análoga aos adubos nitrogenados, desenvolvidos como corolário da indústria do salitre para pólvora, e dos inseticidas, ligados inicialmente à guerra química, o avanço no desenvolvimento dos herbicidas foi fruto da Guerra do Vietnã. Para combater com pouco risco o inimigo escondido, sob a floresta tropical, era necessário desfolhá-la, desenvolvendo-se para essa finalidade o agente laranja. Após o agente laranja, foram vindos outros herbicidas, reforçando a posição da indústria química como principal supridora da agricultura.” (KHATOUNIAM, 2001, p.225).

Num momento em que havia elevada liquidez financeira mundial, a Revolução Verde torna-se partidária da grande propriedade fundiária que, estimulada por políticas de

créditos financeiros internacionais, modificou as bases técnicas da produção agropecuária.

> "Para que altos índices de produtividade fossem alcançados não bastava a alteração das práticas tradicionais de produção, foi necessário primeiro, uma alteração nas bases científicas e tecnológicas, ou seja, uma reorientação nas unidades de ensino nacionais. Deste modo, esta dinâmica alterou toda a base científica de formação na área de produção agropecuária que precisou ser reajustada e moldada de acordo com os interesses de países mais avançadas tecnicamente" (EHLERS, 1999, p.32).

Mesmo com estes movimentos, à medida que o capital financeiro se direciona sobre o industrial, este se reinventa e, ao invés de desenvolver conhecimentos e inovações para produção agrícola sem agressões ambientais, segue em direção contrária, avançando para o espaço rural. Neste sentido, aprofundam-se as contradições da Segunda Revolução Agrícola, buscando, através da tecnologia, o controle sobre a natureza, apresentando como resultado desses esforços a denominada Revolução Verde.

Por sua vez, a Terceira Revolução Agrícola ocorreu no século XX. Foster (2010, p. 210), em sua obra, esclarece que:

> "A Terceira Revolução Agrícola envolveu a substituição da tração animal pela tração mecânica na agricultura, seguida pela concentração de animais em estábulos imensos, conjugada com a alteração genética das plantas produzindo monoculturas mais estreitas e o uso mais intensivo de substâncias químicas e pesticidas."

As inovações tecnológicas dos setores agroindustrial, químico, mecânico e da genética foram direcionadas para agricultura, dando suporte à Revolução Verde, que representa um conjunto homogêneo de práticas tecnológicas (variedades geneticamente melhoradas, fertilizantes químicos, agrotóxicos, irrigação e motomecanização), que viabilizou os sistemas monoculturais, de larga escala. Este "pacote tecnológico" foi vendido às instituições internacionais e aos governos dos países em desenvolvimento, que se lançaram neste sistema de produção com a ilusão de que a produtividade fosse exponencialmente crescente. Nesta época, o desprezo pela agricultura orgânica era marcante (EHLERS, 1994).

As práticas agrícolas adotadas pela Revolução Verde tentavam modelar a natureza, através da adoção de "pacotes tecnológicos", que logo mostraram seus equívocos: "a erosão e a perda da fertilidade dos solos; destruição florestal; a dilapidação do patrimônio genético e da biodiversidade; a contaminação dos solos, da água, dos animais silvestres, do homem, do campo e dos alimentos". (EHLERS, 1994). A percepção dos problemas é praticamente simultânea aos primeiros efeitos da Revolução Verde (ALTIERI, 2002).

Em decorrência, de 1970 a 1990, houve no Brasil uma expansão da espacialização destas novas tecnologias, devido à agregação de técnicas industriais por grandes proprietários de terras que se viam inseridos em um processo maior, a expansão do modo capitalista de produção apoiada por estímulos governamentais, que favoreciam a adoção

de pacotes tecnológicos da Revolução Verde (DELGADO, 2005).

Na década de 1970, além do pacote de insumos químicos (adubos, inseticidas, fungicidas e herbicidas), surge um conjunto de tecnologias modernas selecionadas para melhor aproveitar esses insumos. A agricultura passa a se tornar completamente dependente da indústria química. Assim, com forte apoio institucional para a associação entre produção agrícola e industrial (química ou de produtos), ocorre a modificação do complexo rural brasileiro, pois este se torna fortemente dependente de exigências do mercado internacional (MÜLLER, 1989).

Assim, tem início o "período de caificação" do setor primário, referente ao Complexo AgroIndustrial (CAI), sustentado pelo processo de integração de capitais. Assim, a industrialização da agropecuária tornou-se cada vez mais dominante a partir do incremento tecnológico, verificando-se que tempo e espaço de produção foram modificados. O tempo encurtou-se, tornou-se virtual, desconectado com o de produção que dependia das condições naturais e o espaço rural foi reproduzido e entendido como mercadoria.

Dessa forma, a agropecuária nacional, incentivada por políticas de créditos financeiros, possibilitou a introdução de unidades industriais, em resposta aos anseios do mercado internacional. A agricultura moderna produtora de *commodities* vem ampliando a sua importância na geração de divisas, por meio da expansão do agronegócio, o qual tem sido responsável por mais de um terço do valor das exportações e, em consequência, por sucessivos superávits na balança comercial do Brasil.

Ainda que se verifiquem significativas mudanças nas políticas agrícolas da União Europeia e dos Estados Unidos, para desencorajar as explorações intensivas, este modelo econômico agrícola moderno continua prevalecendo em termos global e nacional (HESPANHOL, 2008).

A Revolução Verde teve sua sustentação política no discurso sobre a diminuição da fome no mundo (uma questão de segurança alimentar), haja vista que as áreas cultiváveis e as áreas cultivadas, em grande parte da Europa e em outros continentes, encontravam-se inadequadas. De acordo com CAPORAL (2008, p.17):

> "Pelo contrário, o que vimos, além do aumento da fome, foi uma permanente, crescente e continuada destruição dos diferentes biomas, o aumento das áreas em processo de desertificação, bem como o aumento da erosão dos solos, a perda e exportação da fertilidade e da água crescem também a contaminação dos aquíferos, dos rios, dos mares e dos alimentos".

Desde os anos 60, surgem movimentos em oposição à implementação tecnológica com base na quimificação e mecanização no meio rural. Estes novos movimentos sociais, entre eles o movimento ambientalista, manifestaram-se contrariamente à expansão da Revolução Verde. Sobre os impactos negativos da Revolução Verde, destacam-se as tecnologias apropriadas aos países de clima temperado e, portanto, inadequadas aos países de clima tropical, mas, ainda assim, foram introduzidas estas mesmas tecnologias

no Brasil, causando inúmeros problemas. Segundo PRIMAVESI (2003, p.69):

> "Nos trópicos, com ecossistemas completamente diferentes dos de clima temperado, esta tecnologia não aumentou as colheitas como esperado, mas levou à decadência total dos solos especialmente pela lavração profunda, a neutralização do alumínio por calagens elevadas, o desequilíbrio entre os nutrientes, causado pela adubação com NPK e uso de pesticidas, e a exposição dos solos a chuvas e sol. Como resultado, aparecem cada vez mais pragas e doenças que atacando as culturas foram combatidas por substâncias tóxicas como os fosforados, desenvolvidos como neurotóxicos e os clorados, como inseticidas".

As práticas agropecuárias, preconizadas pela Revolução Verde, podem ser consideradas como uma das responsáveis por um conjunto de externalidades negativas ambientais, somente percebidas na atualidade (CAPORAL, 2008).

Toda esta introdução tecnológica na produção agropecuária (e seus efeitos sobre os recursos naturais e as pessoas) foi questionada por pequenos, mas expressivos, grupos de agricultores de vários países, impulsionando os denominados modelos alternativos de produção no meio rural.

Desde a década de sessenta, os produtores rurais vêm tentando fugir do modelo convencional de agricultura, em busca de práticas menos agressivas ao meio ambiente. Durante a década de setenta, em discussões na Conferência de Estocolmo sobre a questão de preservação dos recursos naturais, destacou-se a necessidade de se pesquisar novas formas de produção agrícola, enfatizando diferentes sistemas de manejo menos prejudiciais ao meio ambiente. De acordo com KHATOUNIAM (2001, p.23):

> "Tratados marginalmente por longo tempo, apenas se tornaram visíveis ao grande público quando sua crítica ao método convencional se mostrou irrefutável. Nas conferências da Organização das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, ocorridas em 1972, 1982 e 1992, materializaram-se as evidências de que os danos causados pela agricultura convencional eram de tal magnitude que urgia mudar de paradigma".

BRANDENBURG (2003) esclarece o processo de surgimento dos denominados grupos alternativos, quando comenta:

> "Imigrantes europeus introduziram sistemas de produção, baseado na gestão de recursos naturais oriundos da primeira revolução agrícola, sendo marginalizados pela política da modernização. [ ] Surge como um contramovimento, uma via alternativa à política de modernização agrícola. Esta, pelo seu caráter excludente, irá provocar uma reação de grupos de agricultores familiares não contemplados pelos benefícios dos subsídios governamentais, provenientes do crédito agrícola, ou de outros serviços prestados por órgãos públicos destinados a orientar o agricultor, prestar serviços e fomentar a infraestrutura de apoio no meio rural. Os grupos alternativos serão formados por agricultores familiares em via de exclusão, ou excluídos diretamente pelos mecanismos de expropriação da política agrícola".

Na década de 80, surgem algumas teorias, dentre estas a da Trofobiose, que

define que uma planta desequilibrada nutricionalmente torna-se mais suscetível a pragas e patógenos. A adubação mineral e o uso de agrotóxicos provocam inibição na síntese de proteínas, causando acúmulo de nitrogênio e aminoácidos livres no suco celular e na seiva da planta, alimento que pragas e patógenos utilizarão para se proliferar. Chaboussou (1987) sustenta que os agroquímicos provocam uma ação nefasta sobre o metabolismo vegetal, inibindo sua resistência natural.

Com este pano de fundo sobre o surgimento de modelos alternativos, é necessária a atenção à questão da mercantilização e padronização da agricultura orgânica. Num primeiro momento, este modo de produção alternativa mostra-se absorvido pelo modo capitalista de produção, tendo sua nomenclatura (agricultura orgânica) utilizada como referência para rotular todos os outros modelos alternativos, tentando facilitar sua inserção no mercado.

A sustentação do modo capitalista de produção depende da criação de novos espaços para que seja possível sua acumulação e rendimento (lucro), caso contrário, o sistema, como um todo, entraria em declínio (estagnação). A homogeneidade não se configura dentro do capitalismo, é intrínseco a ele para perpetuar este sistema. De início, a agricultura orgânica era uma proposta de revisão às formas de produção tradicionais, onde a produtividade deveria ocorrer sem a degradação dos recursos naturais, sem exploração dos trabalhadores rurais e como alternativa de criação de valor tanto na forma de produção quanto no fluxo de comercialização. Os apelos inerentes à produção e ao consumo dos alimentos orgânicos induzem ao estabelecimento de relações diferenciadas com o mercado. A emergência dos métodos alternativos de produção e seu mercado não são fatos isolados (HARVEY, 2004).

A disseminação do conhecimento sobre os benefícios da não utilização de insumos químicos durante a produção estabeleceu novas relações entre produtores e o mercado, atualmente estimulado pelo discurso ideológico do desenvolvimento sustentável.

A agricultura orgânica define novas relações de trabalho e de competitividade tanto na agricultura familiar como no agronegócio brasileiro. Assim, fica estabelecido um novo modelo para um novo mercado, associado às mudanças nos padrões de consumo e da percepção de conscientização ecológica.

No Brasil, a definição de produção orgânica encontra-se na Lei nº 10.831/2003 e “abrange os denominados: ecológico, biodinâmico, natural, regenerativo, biológico, agroecológico, permacultura e outros que atendam os princípios estabelecidos por esta lei” (BRASIL, 2003). Ao analisar as exigências para a produção orgânica, contidas na referida Lei, verifica-se ser muito difícil para um pequeno produtor assumir (e cumprir) estas exigências. Neste sentido, MEIRELLES (2003, p.2) esclarece que:

> “Para a realidade da agricultura familiar nos países do Sul, o preço cobrado pelo serviço da certificação os impede de entrar neste jogo. Ao preço cobrado pelas certificadoras, soma-se o fato de que muitos compradores do Norte exigem determinados certificados, obrigando os exportadores do Sul a contratarem o serviço de mais de uma certificadora, algumas vezes chegando

a 4 ou 5 diferentes certificações para a mesma área, levando os custos a patamares insustentáveis para os produtores".

Ainda na década de 80, no Brasil, observava-se o início de mudança de perspectiva no setor agrícola, relatado por Francisco Graziano Neto (1998), no I Congresso Paulista de Agronomia: "se lançou, de forma patente, a necessidade de se repensar a agricultura brasileira, procurando alternativas de desenvolvimento. [...] Mas outra questão, inteiramente nova, começou a ser levantada: tratava-se das considerações ecológicas". A partir dos anos 90, no Brasil, ocorre o avanço do sistema orgânico propriamente dito. Seus conceitos não abordavam inicialmente a questão da justiça social como aspecto característico de cada sistema produtivo. Atualmente, o termo Agricultura Orgânica possui uma conotação mais abrangente, que engloba um sistema produtivo que se pretende capaz de desenvolver uma agricultura economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente sustentável.

Mesmo aparentemente sendo contraditório, a partir dos anos 90, o interesse mais evidente tem vindo do meio empresarial, especialmente de supermercados e de produtores rurais mais capitalizados. Naquele momento, o mercado orgânico caracterizava-se ainda como um nicho de mercado (KHATOUNIAM, 2001).

Segundo HESPANHOL (2008), a adoção de legislação específica pelo governo brasileiro, visando à regulamentação da produção orgânica e sua certificação, ocorreu em virtude do aumento da demanda por esses produtos no mercado interno.

Inicialmente, o modo de organização dos produtores realizava-se através de processos de diálogo entre produtores rurais e consumidores de centros urbanos, onde estes produtos eram comercializados, existindo certo grau de confiabilidade e credibilidade que não requeria qualquer de certificação. Com a promulgação da Lei nº 10.831/03, surge uma forma de rotular produtores que trabalham com práticas conservativas, mostrando que, neste mercado, os produtos a serem consumidos tem qualidade garantida, isentos de agrotóxicos, apesar de os produtos não serem diferenciados. Esta padronização, se por um lado, direciona as intenções do consumidor, por outro, cria barreiras à entrada de alguns produtores que pretendem trabalhar com orgânicos, mas que não possuem recursos financeiros para suportar o longo período de conversão e outros custos de certificação.

No Brasil, o órgão responsável pela fiscalização sobre a certificação é o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SISORG), administrado pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Este sistema, instituído pelo Decreto 6.323/07, é integrado por órgãos da administração pública federal e pelos organismos de avaliação da conformidade, credenciados pelo MAPA.

Os organismos que fazem a avaliação dos padrões necessários para a certificação na produção são instituições que verificam (e atestam) se produtos ou estabelecimentos produtores atendem ao disposto no regulamento da produção orgânica. Tais organismos subdividem-se em: (*i*) certificadora por auditoria e (*ii*) organismo participativo de avaliação da conformidade (BRASIL, 2007).

Principais certificadoras cadastradas junto ao MAPA autorizadas a atuar no Brasil: ECOCERT Brasil Certificadora Ltda; IBD Certificações Ltda (IBD); Instituto de Mercado Ecológico (IME); Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR); INT - Instituto Nacional de Tecnologia (INT); Organização Internacional Agropecuária (OIA) e Instituto Chão Vivo de Avaliação da Conformidade.

Principais organismos participativos de avaliação de conformidade: Associação Biodinâmica (ABD); Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO); Associação de Agricultura Natural de Campinas (ANC) e Rede Eco Vida de Certificação Participativa (MAPA, 2012).

Em resumo, verifica-se que a agricultura orgânica, aliada ao processo de certificação, tornou-se um grande filão para o modo capitalista de produção. A luta pela sobrevivência dos pequenos produtores, associada à expansão de mercado de produtos orgânicos, motivou significativa mudança na legislação de forma a fortalecer o Sistema Participativo de Garantia.

A busca por uma melhor qualidade de vida, em especial pela obtenção de alimentos mais saudáveis, faz pressionar a demanda por produtos orgânicos. No entanto, pelo lado da oferta, é necessário que este aumento de produção se realize de forma sustentável ambientalmente. Neste contexto, questiona-se: qual a contribuição (ou serviços ambientais prestados) da agricultura orgânica realizada em unidade produtiva familiar?

As práticas de manejo usadas melhoram a qualidade do solo, beneficiando a produtividade da lavoura, reduzindo a erosão, aumentando a eficiência de uso da água e nutrientes, e garantindo o uso destes recursos no futuro. Há que se lembrar de que a qualidade do solo está estreitamente ligada à renovação da matéria orgânica do solo e, para isto, faz-se necessário elevar a capacidade de o solo reter seu estoque de carbono. Em consequência, melhora a qualidade do ar, além de beneficiar a qualidade de vida das pessoas que dependem destas áreas para sua sobrevivência (USDA, 2010).

2 I INSTITUIÇÃO DO MERCADO DE CARBONO

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, mais conhecida como UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*), é um tratado internacional resultante da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento-CNUMAD, informalmente denominada Cúpula da Terra. Este tratado foi celebrado no Rio de Janeiro, em 1992, sendo firmado por quase todos os países do mundo, porém as duas maiores potências à época (EUA e China) não o ratificaram. Seu principal objetivo refere-se à estabilização na atmosfera da concentração dos GEE em níveis tais que assegurem a sobrevivência de vida terrestre, garantindo o mínimo de interferência no sistema climático. Neste tratado, fica também estabelecido que os países membros da Convenção-Quadro devem se reunir anualmente nas denominadas *Conference of the*

Parties-COP sobre mudança climática. A última COP (27ª edição) foi sediada no Egito, em 2022, em novembro de 2022. A seguir, são pontuadas as principais discussões e resultados obtidos em todas as COP.

COP-1: 1995 (Berlim, Alemanha).

Na primeira conferência, iniciou-se o processo de estabelecimento de metas e prazos específicos para redução de emissões dos GEE nos países desenvolvidos. Nesta discussão, não foram incluídas as nações em desenvolvimento, em respeito ao princípio denominado "responsabilidades comuns, porém diferenciadas". Foi sugerida a criação de um protocolo, apresentado dois anos depois, em 1997, que viria a se constituir no Protocolo de Kyoto.

Nessa conferência também houve avanços nos debates sobre cooperação internacional entre países desenvolvidos e os em desenvolvimento. Foram aprovadas as "Atividades Implementadas Conjuntamente-AIC", com o objetivo de ampliar a implantação de projetos de suporte financeiro e transferência de tecnologia (CAMPOS, 2007).

COP-2: 1996 (Genebra, Suíça).

Durante a COP-2, as Partes decidiram pela criação de obrigações legais de metas de redução, estabelecida na Declaração de Genebra. Um importante passo foi dado relativo ao apoio financeiro a países em desenvolvimento, que poderiam solicitar financiamentos à Conferência das Partes para o desenvolvimento de programas de redução de emissões dos GEE, com recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente (MMA, 2015).

COP-3: 1997 (Kyoto, Japão).

Na terceira Conferência das Partes foi instituído o Protocolo de Kyoto, que determinou metas de redução de GEE para os países desenvolvidos ("Países do Anexo I"). As metas médias estabelecidas foram de 5,2% em relação às emissões de 1990, porém alguns países assumiram compromissos maiores: Japão (6%), União Europeia (8%) e Estados Unidos (7%). A vigência do protocolo estava condicionada à ratificação de, no mínimo, 55 países, que representassem 55% das emissões globais de GEE (BNDES, 1999). Tal fato só ocorreu em 16 de fevereiro de 2005, quando a Rússia ratificou o protocolo, ocasião em que foram preenchidas as condicionantes acima referidas. Os Estados Unidos haviam se retirado do protocolo, em 2001.

Para possibilitar a redução de emissões e, ao mesmo tempo, assegurar uma transição economicamente viável, o Protocolo de Kyoto estabeleceu os chamados "Mecanismos de Flexibilização" (CEBDS, 2014).

Segundo Campos (2007), os mecanismos de flexibilização possibilitam que os países do Anexo I adquiram unidades de redução de emissão de GEE, seja por intermédio de aquisição direta seja por investimento em projetos de outros países. Os três mecanismos de

flexibilização são: Comércio de Emissões-CE, Implementação Conjunta - IC e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo-MDL.

O CE é relativo à negociação de certificados de redução entre países desenvolvidos, discriminados no Anexo I do Protocolo de Kyoto. Qualquer um desses países que tenha reduzido as emissões além de suas metas poderá comercializar essa diferença, creditando então essas reduções em suas metas (MMA, 2015). A IC também se realiza entre os países do Anexo I, que podem adquirir certificados de redução, decorrentes da realização de projetos redutores das emissões dos GEE (CEBDS, 2014). O MDL garante a comercialização dessas emissões entre países em desenvolvimento e os desenvolvidos. Estes podem financiar projetos de redução de emissões dos GEE nos países em desenvolvimento para poderem honrar seus compromissos em relação às suas metas de redução. Dessa forma, os países desenvolvidos obtêm créditos, denominados Reduções Certificadas de Emissões-RCE, que são contabilizados em sua meta de redução dos GEE (FRANGETTO & GAZANI, 2002).

O MDL surgiu de uma proposta brasileira, apresentada em maio de 1997, ao Secretariado da Convenção. A proposta consistia na criação do Fundo de Desenvolvimento Limpo, que seria formado por meio de contribuições de países desenvolvidos que não cumprissem suas metas de redução. Esse fundo seria utilizado para financiar projetos em países em desenvolvimento. Em Kyoto, a ideia deste fundo foi transformada, estabelecendo-se o MDL (CARVALHO *et al*., 2002).

De acordo com o Protocolo de Kyoto (1997), seu Artigo 12 estabelece que: “O objetivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo deve ser assistir as partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir as partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões”.

Frangetto e Gazani (2002) ressaltam que, com a implementação de projetos de MDL, busca-se a redução de emissão de GEE. É importante lembrar que os projetos do MDL representam um mecanismo de controle a inúmeros compromissos subsidiários, como por exemplo, a viabilização de transferência de tecnologias mais limpas e ambientalmente sustentáveis. Comprovada a efetiva redução de emissão de GEE, o Conselho Executivo do MDL emite para os proponentes dos projetos as RCE, que são unidades correspondentes a uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (t CO_2e) reduzidos da atmosfera, decorrentes das atividades do projeto de MDL (MCTI, 2010).

Ainda de acordo com o Artigo 12 do Protocolo de Kyoto (1997), as atividades de projetos são consideradas elegíveis no âmbito do MDL se, além de contribuírem para seu objetivo principal (redução de emissões dos GEE) e forem certificadas por entidades operacionais designadas pela Conferência das Partes, respeitarem os seguintes requisitos: (*i*) participação voluntária aprovada pelas Partes envolvidas; (*ii*) benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo, relacionados com a mitigação da mudança do clima e (*iii*) reduções de emissões adicionais às que ocorreriam na ausência da atividade certificada

do projeto.

Em 1997, o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável-CEBDS foi responsável pelo primeiro Relatório de Sustentabilidade do Brasil e, um ano depois, em parceria com o *World Resources Institute*-WRI e a Fundação Getúlio Vargas-FGV, começaram a desenvolver metodologia para medição das emissões de GEE no Brasil, o *Green House Gas Protocol*-GHG. Conforme estabelecido pelo CEBDS (2002), duas linhas de projetos são consideradas elegíveis como medidas de redução do efeito estufa no MDL:

> I. Redução de emissões através do aumento da eficiência energética, do uso de fontes de combustíveis renováveis, adotando melhores tecnologias e sistemas para o setor de transporte e para o processo produtivo de modo geral.
>
> II. Resgate de emissões por meio de sumidouros e da estocagem dos GEE retirados da atmosfera, injetando CO_2 em reservatórios geológicos ou atividades relacionadas ao uso da terra como o florestamento e o reflorestamento. Estas últimas são conhecidas no processo de negociação do Protocolo de Kyoto, como atividades de LULUCF (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*).

Uma releitura do item II sugere algumas indagações: quais os setores ou atividades econômicas seriam efetivamente beneficiadas? Exemplificar a categoria "Uso da Terra" como florestamento e reflorestamento, a quem beneficia e a quem discrimina? Vale destacar que o capital financeiro prefere investir em apenas um projeto de US$5.00 do que em cinco projetos de US$1.00. Tal fato faz parte da lógica da economicidade da transação e está embutida nesta, por consequência, a concentração do capital.

Desde seu nascedouro, a agricultura orgânica (ainda que, em tese, sequestradora de carbono e ambientalmente sustentável) fica alijada em sua possível participação no mercado de crédito de carbono. O Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) corresponde ao conjunto de instituições, regulamentações, sistemas de registro de projetos e centro de negociação. A formalização jurídica da emissão dos RCE é de responsabilidade da Bolsa de Mercadorias e Futuros-BM&F e da Bolsa de Valores do Rio de Janeiro-BVRJ, em convênio com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), visando estimular o desenvolvimento de projetos de MDL e viabilizar negócios no mercado de crédito de carbono, de forma organizada e transparente.

COP-4: 1998 (Buenos Aires, Argentina).

A COP-4 centrou esforços para implementar o Protocolo de Kyoto. Foi o chamado Plano de Ação de Buenos Aires, que levou para o debate internacional o programa de metas, levando-se em consideração a análise de impactos da mudança do clima e as alternativas de compensação, mecanismos financiadores e transferência de tecnologia (CENAMO, 2004). O plano de ação de Buenos Aires trouxe um programa de metas para a abordagem de alguns itens do Protocolo em separado: análise de impactos da mudança do clima

e alternativas de compensação, atividades implementadas conjuntamente, mecanismos financiadores e transferência de tecnologia.

COP-5: 1999 (Bonn, Alemanha).

A implementação do Plano de Ações de Buenos Aires foi o principal destaque da COP-5 e, também, o início das discussões sobre o Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas. A quinta conferência discutiu ainda a execução das atividades implementadas conjuntamente em caráter experimental e a capacitação técnica de países em desenvolvimento (CARVALHO *et al.*, 2002).

COP-6: 2000 (Haia, Holanda).

A falta de acordo entre as Partes (mais especificamente, entre a União Europeia e os Estados Unidos) com relação ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo-MDL (mercado regulado de carbono e financiamento aos países em desenvolvimento) fez com que as negociações fossem suspensas (CARVALHO *et al.*, 2002).

COP-6 ½ e COP-7: 2001 (Bonn, Alemanha e Marrakech, Marrocos).

Uma segunda fase da COP-6 foi então estabelecida para julho de 2001, após a saída dos Estados Unidos do Protocolo de Kyoto. Este país-membro alegava que os custos para a redução de emissões dos GEE eram excessivos para a economia americana. Os EUA também contestaram a inexistência de metas para os países em desenvolvimento.

Os Acordos de Marrakesh definiram os mecanismos de flexibilização, limitaram o uso de créditos de carbono, provenientes de projetos florestais do MDL, e propuseram a criação de mecanismos financeiros para apoio a países em desenvolvimento (CARVALHO *et al.*, 2002).

COP-8: 2002 (Nova Delhi, Índia).

Em 2002, as discussões havidas na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio^{+10}) influenciaram as decisões da COP-8 sobre o estabelecimento de metas para uso de fontes renováveis na matriz energética dos países. A COP-8 destacou-se também pela adesão do setor privado e de organizações não-governamentais ao Protocolo de Kyoto ao apresentarem projetos viabilizadores à criação do mercado regulado de créditos de carbono (FERNANDES, 2003).

COP-9: 2003 (Milão, Itália).

O principal debate na COP-9, que contou com representantes de 180 países signatários da Convenção do Clima, foi a regulamentação de sumidouros de carbono no âmbito do MDL, estabelecendo regras para a condução de projetos de reflorestamento, que se tornaram condição para a obtenção de créditos de carbono. Nesse sentido, observou-

se um grande avanço nas discussões com a elaboração de uma metodologia para a obtenção de créditos de carbono, no âmbito do MDL. Foram acordadas as definições sobre (*i*) Limite do Projeto: áreas de reflorestamento de um projeto podem ser descontínuas; (*ii*) Permanência dos Certificados de Redução de Emissões: adoção de RCE temporárias (t RCE 2008 a 2012) e RCE de longo prazo (t RCE pós 2012) e (*iii*) Projetos Florestais de Pequena Escala: projetos desenvolvidos por pequenas comunidades, não podendo ultrapassar a remoção de 8 Kt $CO_2.ano^{-1}$; massas excedentes não seriam elegíveis à aquisição de RCE (CENAMO, 2004).

COP-10: 2004 (Buenos Aires, Argentina).

Neste encontro, as Partes (*i*) aprovaram as regras de implementação do Protocolo de Kyoto; (*ii*) discutiram a regulamentação de projetos de MDL de pequena escala de reflorestamento e (*iii*) discutiram a necessidade de metas mais rigorosas no período pós-Kyoto. Também foram divulgados os inventários de emissão de GEE realizados por alguns países em desenvolvimento, entre eles o Brasil (CENAMO, 2005).

COP-11: 2005 (Montreal, Canadá).

Concomitante à 11ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, foi realizada a primeira reunião pós-implementação do Protocolo de Kyoto, denominada *Meeting of Parties to the Kyoto Protocol* (MOP-1). Nestas reuniões, foram estabelecidos compromissos para reduzir as causas do aquecimento global a partir de 2012 (segundo período do Protocolo de Kyoto).

Os países acordaram sobre os seguintes pontos: (*i*) iniciar com máxima urgência negociações sobre uma nova etapa de metas mais ambiciosas para a redução de emissões no segundo período do Protocolo de Kyoto (2013-2017); (*ii*) iniciar a revisão deste protocolo, com base em seus resultados a serem apresentados formalmente na 12ª Conferência (2006); e (*iii*) desenvolver um "Plano de Cinco Anos de Ações para Adaptação às Mudanças Climáticas", objetivando apoiar países menos desenvolvidos no enfrentamento dos impactos da mudança climática.

A questão das emissões, provenientes do desmatamento tropical e mudanças no uso da terra, foram abordadas oficialmente nas discussões, pela primeira vez, no âmbito da Convenção.

Outra importante discussão da pauta referiu-se ao segundo período do Protocolo (pós-2012) em que as instituições europeias defendiam reduções de emissão da ordem de 20 a 30% até 2030 e de 60 a 80% até 2050. Entretanto, principal objetivo da COP-11 era inserir no Protocolo de Kyoto (através do estabelecimento de metas) os Estados Unidos, a Austrália e países em desenvolvimento (Brasil e China), mas tal objetivo não foi alcançado. Se os EUA e Austrália entrassem no próximo período do Protocolo haveria uma maior demanda por créditos de carbono, proporcionando maior liquidez nesse mercado

e potencial transferência de recursos para países como a Rússia, China, Índia e Brasil (MOURA, 2005).

COP-12: 2006 (Nairóbi, África).

Os destaques da COP-12 foram (*i*) o financiamento de projetos para países em desenvolvimento e (*ii*) a revisão do Protocolo de Kyoto. O governo brasileiro propôs, oficialmente, a criação de um mecanismo voluntário que promovia efetivamente a redução de emissões de GEE, oriundas do desmatamento em países em desenvolvimento. Tal proposta torna-se, mais tarde, o mecanismo Redução de Emissões para o Desmatamento e Degradação - REDD (VENTURA & ANDRADE, 2007).

COP-13: 2007 (Bali, Indonésia).

Nesse encontro, foi criado o *Bali Action Plan*, através do qual os países comprometiam-se em definir as etapas posteriores à expiração do primeiro período do Protocolo de Kyoto (vigência até 2012). A COP-13 estabeleceu compromissos mensuráveis, verificáveis e reportáveis à redução de emissões dos GEE, provenientes do desmatamento das florestas tropicais. Também foi aprovada a regulamentação efetiva do Fundo de Adaptação, para que países (principalmente, os insulares) mais vulneráveis à mudança do clima pudessem enfrentar seus impactos. No entanto, não foram apontadas suas fontes de recursos financeiros, e nem o volume de recursos necessários para essas diretrizes (GIACOMELLI, 2007).

COP-14: 2008 (Poznan, Polônia).

A Conferência de Poznan ficou como um meio termo político entre a COP-13 e a expectativa pela COP-15, tendo em vista o cenário político mundial, com a eleição do presidente americano Barack Obama e o aprofundamento da crise financeira mundial. Um avanço em termos de compromisso partiu das nações em desenvolvimento, em especial Brasil, China, Índia, México e África do Sul, que assumiram compromissos não obrigatórios para a redução das emissões de carbono. Dos tópicos apresentados para a discussão nesta COP, apenas um foi consenso e resultou na operacionalização do Fundo de Adaptação, instrumento existente desde a celebração do Protocolo de Kyoto para ajudar países mais vulneráveis no combate aos efeitos das mudanças climáticas. Finalmente, estas nações passam a ter acesso direto ao Fundo de Adaptação, financiado com 2% dos valores arrecadados com o MDL (MOTA *et al*, 2008).

COP-15: 2009 (Copenhague, Dinamarca).

A COP-15 não teve grandes avanços em relação a um acordo climático global. No entanto, conseguiu avançar em temas importantes para os países em desenvolvimento, em especial a discussão sobre o mecanismo de Redução de Emissões por Desmatamento e

Degradação-REDD. Em termos financeiros, os países desenvolvidos se comprometeram a colaborar com US$ 30 bilhões entre 2010 e 2012 (mecanismos de financiamento de curto prazo denominado *fast start*), e aportar anualmente US$ 100 bilhões a partir de 2020 (recursos a serem direcionados a projetos de mitigação em países em desenvolvimento). Apesar de ter sido aprovado em 2010, o Fundo começou a receber recursos somente em 2014, quando arrecadou US$ 10 bilhões, provenientes de 29 países desenvolvidos e em desenvolvimento. Durante a COP-15, o Brasil assumiu a liderança entre os países em desenvolvimento ao comprometer-se voluntariamente a cortar as emissões de GEE entre 36,1% e 38,9%, estabelecido 2008 o ano de referência e definida a meta a ser alcançada até 2020 (ABRANCHES, 2010).

COP-16: 2010 (Cancún, México).

Na COP-16, foi celebrado o "Acordo de Cancún", que aprovou o Fundo Verde e estendeu a vigência do Protocolo de Kyoto. Ficou acordado que o Banco Mundial seria o gestor deste fundo, auxiliado por um conselho formado por 24 membros, com igualdade de representação de países desenvolvidos, em desenvolvimento e de pequenos países insulares, os mais ameaçados pelo aquecimento global.

A COP-16 destacou-se também pela implementação de mecanismos de compensação para que os países pudessem proteger suas florestas, em especial, através do mecanismo REDD$^+$. Este mecanismo deve seguir três fases (primeira: elaboração de estratégias nacionais pertinentes; segunda: operacionalização da estratégia, com desenvolvimento e transferência de tecnologia; e terceira: aferição dos resultados - medidos, verificados e comunicados). Importante, também, o estabelecimento das salvaguardas socioambientais embutidas neste mecanismo, referentes à proteção dos povos da floresta e à conservação de florestas naturais, e sua diversidade (STELLA *et al*., 2010).

COP-17: 2011 (Durban, África do Sul).

A COP-17 terminou com resultados positivos, sendo acordadas metas de redução dos GEE para Estados Unidos e China, os dois maiores poluidores do planeta, mas ... somente após 2020. Foi celebrada a denominada "Plataforma de Durban", estabelecendo calendário para criar "um protocolo, outro instrumento legal ou um resultado acordado com força legal" em 2015, com vigência até 2020. Por esse instrumento, todos os países assumirão metas obrigatórias de redução de emissões dos GEE (WWF, 2012). Segundo Stern (2012), a Plataforma de Durban "desbasta a barreira que existia entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento", que intensificava os diferentes interesses entre estes países, em relação à questão climática global.

Dois grandes acordos foram firmados na COP-17, a saber: (*i*) prorrogação do Protocolo de Kyoto, com a definição de um marco legal para todos os países a reduzirem suas emissões de GEE, a partir de 2020 e (*ii*) início das operações do Fundo Verde, com

revisão prevista para 2015 dos valores de contribuição de cada país. Vale ressaltar a importância da COP-21, ocasião em que estas metas serão redefinidas.

O texto aprovado na COP-17 reconhece que existe uma lacuna entre a redução de emissões proposta pelos países e os cortes necessários para conter o aquecimento médio do planeta em 2ºC acima da era pré-industrial, objetivo definido na COP-16, realizada em 2010. Ainda assim, as metas só serão ratificadas após o Relatório do IPCC (2014), que deverá apresentar recomendações, de acordo com as avaliações científicas sobre as reduções necessárias para conter o aquecimento global.

Algumas organizações não-governamentais avaliaram que os Estados Unidos enfraqueceram os resultados da COP-17, pois adiaram um acordo global vinculante por uma década, justo quando os cientistas sustentavam que seria preciso estabelecer um teto para as emissões de carbono (WWF, 2012).

COP-18: 2012 (Doha, Qatar).

O coordenador do programa de Mudanças Climáticas e Energia do WWF-Brasil, Carlos Rittl (2012), resumiu o resultado da COP-18:

> "Há um abismo moral entre a ciência, a realidade e as instruções dos governos a seus diplomatas nas negociações de clima, principalmente, os de países desenvolvidos. Muitos foram à COP-18 para defender os interesses imediatos de seus governos, e não para solucionar o problema do clima".

A COP-18 foi encerrada com a escolha de 2015 como prazo para a conclusão de um novo acordo climático global. Esse processo será amparado por um cronograma pautado em dois eixos de negociação: (*i*) um voltado ao período pós-2020, quando entra em vigor o referido acordo; e (*ii*) outro, com vistas a aumentar o grau de exigências nas negociações ao longo do período 2013-2020. Outros temas importantes, no entanto, não avançaram o suficiente, a exemplo do aporte de recursos ao Fundo Verde e sua operacionalização.

De maneira geral, a crise econômica mundial, e correspondente escassez de recursos financeiros, foi um dos argumentos utilizados pelos países desenvolvidos pelo não aporte de suas contribuições ao Fundo Verde, acordado em COP anteriores.

De acordo com Rittl (2012), a COP-18 não apresentou a mínima ambição no pacote de decisões adotadas, em temas como mitigação de impactos, financiamento climático, ou sobre a definição de um mecanismo global, que auxilie aos pequenos países insulares mais vulneráveis a lidar com emergências climáticas como grandes tempestades, enchentes e secas severas. Em palavras deste especialista:

> "O cenário após a COP-18 é muito incerto para uma grande parte da população mundial, para a economia global e para a biodiversidade e os ecossistemas. O tempo é o recurso mais precioso agora, e está cada vez mais escasso. As respostas e decisões daqui para frente terão que ser muito mais fortes e incisivas, e as ações mais rápidas".

Somente 36 países aderiram ao segundo período de compromisso do Protocolo de Kyoto (2013 a 2020). As metas de redução de emissão de GEE para o conjunto de países significam 18% de emissões de países desenvolvidos em relação ao patamar observado em 1990, muito abaixo do mínimo definido pelo IPCC como necessário para que o aquecimento global não ultrapasse os 2°C em relação a níveis pré-Revolução Industrial. Além disso, países como Estados Unidos, Canadá, Japão, Rússia e Nova Zelândia decidiram não participar deste segundo período do Protocolo de Kyoto.

COP-19: 2013 (Varsóvia, Polônia).

Dos principais resultados obtidos na COP-19, podem ser destacados: (*i*) aprovação do mecanismo de "*loss and damage*" (perdas e danos), que obriga países ricos a financiarem os mais vulneráveis em relação às mudanças climáticas; (*ii*) desbloqueio do debate sobre financiamento a longo prazo; (*iii*) ratificação da necessidade de aprovar novo acordo em 2015; e (*iv*) estabelecimento de normas sobre financiamento de projetos voltados à proteção de florestas em países em desenvolvimento - $REDD^+$ (MMA, 2015).

A criação de um novo mecanismo "*loss and damage*" (perdas e danos) foi aprovado e deverá buscar maneiras de compensar pequenos países (na maioria ilhas no Pacífico, que atualmente já são afetadas pelas mudanças climáticas) com financiamento de países desenvolvidos. Outro avanço foi a definição de regras para pagamento de ações que reduzam as emissões por desmatamento, no âmbito do mercado voluntário de carbono - $REDD^+$ (MMA, 2015).

Interessante notar que na COP-19 há discussões sobre o caminhar até 2015. Os países foram convidados a intensificar suas contribuições domésticas (redução de suas emissões), e a realizar consultas públicas com a sociedade, setores econômicos e governos, a fim de determinar qual a contribuição pretendida no novo acordo, em 2015. A recomendação é que cada nação apresente, antes da COP-21, em Paris, uma proposta de redução de suas emissões, indicando também o volume de recursos financeiros que pretende aportar ao Fundo Verde.

A COP-19 estabeleceu também as principais regras internacionais para $REDD^+$, concluindo o ciclo de negociações sobre o tema. O Marco de Varsóvia lançou nova etapa para $REDD^+$, com base em regras multilateralmente acordadas para realizar pagamentos por resultados, de forma que os esforços de mitigação de países em desenvolvimento no setor florestal possam ser reconhecidos internacionalmente e devidamente recompensados.

A principal característica de $REDD^+$ refere-se aos pagamentos por resultados ou por desempenho - uma maneira inovadora de financiamento internacional, na qual os recursos são transferidos de acordo com os resultados alcançados. Nessa modalidade, a transferência de recursos é feita a *posteriori*, com base no desempenho do projeto, e não a *priori* com base em uma expectativa, conforme o estabelecido no mercado regulado de carbono (MMA, 2015).

O Marco de Varsóvia prevê que, dentre as várias fontes que financiam REDD^{+}, (bilaterais ou multilaterais, públicas ou privadas), o Fundo Verde para o Clima (*Green Climate Fund*-GCF) terá um papel-chave, a fim de canalizar recursos em escala adequada e previsível para os países em desenvolvimento.

Na COP-19, todos os países foram convidados a iniciar os preparativos internos para suas ofertas de redução de emissões de GEE, conhecido como Contribuições Nacionalmente Determinadas (INDC), para o acordo climático que deverá ser firmado em dezembro de 2015 (MMA, 2015).

<u>COP-20: 2014 (Lima, Peru).</u>

A COP-20 terminou com um acordo, estipulando pela primeira vez, oficialmente, que todos os países deverão contribuir com a redução de emissões de GEE, que agravam as mudanças climáticas. É uma decisão histórica. Foi acordado que, até março de 2015, os países deverão apresentar planos nacionais de redução de emissões, que servirão de base para o grande acordo do clima esperado a ser celebrado em Paris, na COP-21, em dezembro de 2015 (UNFCCC, 2015).

O Acordo de Lima, documento final da COP-20, não tem caráter vinculativo, ou seja, não obriga os países a cotas rígidas de corte de emissões. Portanto, a única diretriz para que realmente os países cumpram suas próprias metas será a força da opinião pública nacional e internacional, o que para muitas organizações não-governamentais representa um grande risco para que seja alcançado, frente à realidade climática cada vez mais preocupante. Durante a COP-20, os países concordaram com as orientações sobre a forma de apresentação das Contribuições Nacionalmente Determinadas-INDC. .

<u>COP-21: 2015 (Paris, França).</u>

A falta de vontade política dos países membros da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), em especial a dos países desenvolvidos, para enfrentar seriamente os problemas provocadores e provenientes da crise climática, fez com que, depois de mais de duas décadas de negociações, pouco tenha sido feito. No entanto, em dezembro de 2015, os 195 países membros reuniram-se e assinaram um novo acordo global, que substitui o Protocolo de Kyoto, único instrumento vinculante da Convenção em vigor.

A COP-21 tinha como um de seus principais objetivos estabelecer metas de redução de emissões dos GEE em nível que limite o aquecimento global em 2ºC. Conforme acordado na COP-20, o Brasil (e outros 186 países) enviou antecipadamente para a COP-21 suas intenções de redução das referidas emissões (INDC), a saber:

(*i*) GERAL: reduzir as emissões dos GEE em 37% até 2025 e 43% até 2030, com base nos níveis de emissões estimadas de 2,1 Gt CO_2e, em 2005;

(*ii*) ENERGIA: alcançar 45% de energias renováveis na matriz energética até 2030, incluindo: a expansão do uso de outras fontes renováveis de energia não hidroelétrica entre 28% e 33%; aumento da cota das energias renováveis (além da hidrelétrica) no fornecimento de energia para, pelo menos, 23%; atingir 10% de ganhos de eficiência no setor da eletricidade; aumentar a cota de biocombustíveis sustentáveis na matriz energética brasileira para cerca de 18% até 2030;

(*iii*) FLORESTAS: deter o desmatamento ilegal até 2030 e reflorestar 12 milhões de hectares até 2030; e

(*iv*) AGRICULTURA E PECUÁRIA: recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até 2030; implantar 5 milhões de hectares de terras cultiváveis, sob o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Florestas, em 2030. O término para alcançar tais metas é em 2030 (MMA, 2015).

COP-22: 2016 (Marrakesh, Marrocos).

Após quase um ano da histórica Conferência das Partes em Paris, a COP-21, os países signatários da Convenção do Clima, conhecida como UNFCCC, se reuniram em Marrakesh para dialogar sobre as principais formas de garantir a implementação do Acordo de Paris, que bateu muitos recordes na esfera dos acordos internacionais.

Apesar de todo esse avanço global, logo no terceiro dia de COP-22, os países foram surpreendidos pela notícia de que Donald Trump se tornou o novo presidente dos Estados Unidos, segundo maior emissor de emissões de gases efeito estufa no mundo. A notícia deixou o mundo de olhos abertos e atentos aos próximos acontecimentos no âmbito global, quanto à implementação do Acordo de Paris, diante das eleições americanas. A mobilização pró medidas de redução das emissões se tornou ainda mais necessária, com um possível retrocesso nas negociações de clima, por conta dos resultados das eleições presidenciais nos EUA.

Marrakesh gerou muitos resultados positivos com relação as energias renováveis, retomada do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, a "*Climate Bonds Iniciative*", uma iniciativa financeira para desenvolver projetos na área de infraestrutura, reflorestamento e meio ambiente, o desenvolvimento das regras para o Novo Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável-MDS, entre outros.

COP-23: 2017 (Bonn, Alemanha).

Uma das maiores tarefas da COP-23 foi a finalização do "Livro de Regras"; na prática, um texto com maior detalhamento sobre como alcançar as metas do Acordo de Paris.

Já se imaginava que a COP-23, a segunda Conferência das Partes da ONU desde que o Acordo de Paris foi criado, em 2015, deveria ser bastante técnica, já que os países continuavam a negociar os principais detalhes de como o Acordo funcionará a partir de

2020. No entanto, este também foi o primeiro conjunto de negociações após os EUA, sob a presidência de Donald Trump, anunciar sua intenção de se retirar do Acordo de Paris.

Mesmo se os quase 200 países que assinaram o Acordo de Paris cumprissem 100% dos seus compromissos, será feito apenas um terço do que é necessário para combater as mudanças climáticas.

COP-24: 2018 (Katowice, Polônia).

As negociações da COP-24 enviaram um sinal de que as nações iriam aumentar suas metas climáticas até 2020, em resposta aos dados científicos mais recentes, entregues pelo relatório especial do IPCC sobre o limite estipulado em 1,5°C. Países-chave desenvolvidos e em desenvolvimento se uniram em apoio à aceleração dos esforços globais para garantirem um futuro de segurança climática.

Os resultados desta COP destacam que a Cúpula do Clima, reunião de alto nível da Assembleia da ONU, prevista para o ano seguinte, deveria ser uma oportunidade-chave para os líderes responderem ao pedido por mais ambição da COP-24, anunciando ou se comprometendo com metas climáticas nacionais atualizadas e mais ambiciosas para 2020. Por fim, ressaltaram a urgência de ações climáticas ainda mais fortes e mais urgentes de todos os setores da sociedade, em especial, do governo brasileiro.

COP-25: 2019 (Madri, Espanha).

Após duas semanas de negociações, as delegações concordaram em melhorar as metas de redução de emissões de gases do efeito estufa e em ajudar países vulneráveis às mudanças climáticas, mas adiaram a discussão sobre o mercado de créditos de carbono para a COP-26. Esse conceito foi estabelecido pelo Protocolo de Kyoto, assinado em 1997, e permite a venda de créditos de emissões de dióxido de carbono (CO2) de países que superam suas metas para nações mais poluentes.

As negociações na Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, a COP-25, realizada em Madri, na Espanha, terminaram sem acordo sobre a regulação global do mercado de créditos de carbono e frustraram ambientalistas.

COP-26: 2021 (Glasgow, Escócia).

Na COP-26, os países concordaram em revisar e fortalecer suas metas de redução de emissões para 2030 de forma a alinhá-las ao objetivo do Acordo de Paris de limitar o aquecimento global a 1,5°C. Manter o aumento das temperaturas abaixo desse limite é essencial para evitarmos alguns dos piores impactos das mudanças climáticas.

As lideranças dos países encerraram a conferência climática de Glasgow (COP-26), em meio a uma onda de novos compromissos de governos, empresas e outros atores para combater a crise climática. Os compromissos incluíam estabelecer novas metas de

redução de emissões, duplicar o financiamento para adaptação, diminuir as emissões de metano, interromper a perda florestal, eliminar gradativamente o uso de carvão e acabar com o financiamento internacional para combustíveis fósseis, para citar apenas alguns.

"A ação climática está sendo colocada em segundo plano - mesmo com o apoio esmagador que a causa recebe em todo o mundo", segundo António Guterres, entre as reuniões da Assembleia Geral da ONU em setembro de 2022.

COP-27: 2022 (Sharm El Sheikh, Egito)

A COP-27, chamada de "COP da Implementação" foi uma das mais longas da história e deixou a desejar quanto a sua missão de realizar avanços no combate à emergência climática. Apesar do mundo estar sofrendo com os impactos políticos, econômicos e sociais devido às alterações climáticas, o avanço nas negociações, quanto a redução de emissões, se manteve em dificuldade.

No entanto, ocorreram alguns avanços no que diz respeito às florestas e inclusão de soluções quanto ao desmatamento – ponto de interesse para o Brasil, que esteve inativo durante o último governo, deixando a responsabilidade pela busca por verbas e parcerias internacionais nas mãos dos estados. Contudo, negociadores e observadores comemoraram a participação do presidente eleito, Lula, que prometeu ações para proteção dos biomas, principalmente a Amazônia, trazendo melhores expectativas em relação aos temas de natureza e produção de alimentos, que não tiveram bons resultados nas negociações desta COP.

A criação de um fundo de reparação para perdas e danos nos países mais vulneráveis às mudanças climáticas pode ser citada como a maior vitória de toda a Conferência, mesmo que ainda não esteja claro os termos dos acordos de financiamento.

3 I O USO DA TERRA NO ESCOPO DAS COP

O setor *Land Use, Land-Use Change and Forestry*- LULUCF tem grande potencial de sequestro de carbono, relacionado com a agricultura, a exemplo do plantio direto, irrigação por gotejamento, melhoria da gestão de nutrientes, agrossilvicultura e manejo de sistemas de cultivo. Apesar disso, dentro do LULUCF o segmento AFOLU não está incluído no *Nationally Appropriate Mitigation Action*-NAMA. Assim, os participantes do Anexo I (países desenvolvidos) não têm obrigação de limitar os GEE gerados por desmatamento ou práticas agrícolas convencionais. O argumento utilizado para esta exclusão refere-se à incapacidade (técnica e financeira) de os países cumprirem uma série de requisitos, entre os quais o desenvolvimento de sistemas de monitoria (medição, relatório e verificação) das emissões de carbono, provenientes das mudanças do uso da terra.

A agricultura não fazia parte das questões-chave originalmente negociadas no âmbito da UNFCCC, mas desde 2005 tem havido discussões, e uma série de atividades,

sobre o papel deste setor econômico na mitigação das mudanças climáticas.

Antes de fazer um breve sumário histórico sobre o tema “Uso da terra” no escopo das COP, vale lembrar a periodicidade destas conferências e do *Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice* - SBSTA. Este conselho técnico-científico de apoio às COP reúne-se anualmente em junho e as COP, que tem caráter deliberativo para celebração de acordos internacionais, em dezembro de cada ano.

Em 2005, várias oficinas foram realizadas no âmbito do SBSTA e discutidos temas relacionados à agricultura, incluindo desenvolvimento rural, produção agrícola e silvicultura.

Em 2007, o IPCC analisou os efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura, identificando as lacunas atuais de conhecimento a serem abordados. Ainda não havia consenso sobre a metodologia a ser aplicada, em especial se as medições deveriam ser realizadas somente dentro da unidade agrícola (IPCC, 2010).

Em 2008, o Secretariado da UNFCCC elaborou um documento sobre os desafios e oportunidades para a mitigação no setor agrícola, contendo análises setoriais e definindo ações específicas no setor na agricultura. Este projeto também estabelecia um programa de trabalho em agricultura para o SBSTA.

De 2008 a 2010, esta proposta foi discutida em grupos de trabalho, mas sem acordo consensual nas COP.

Em 2011, no texto final da COP-17, as Partes foram convidadas a se posicionarem em relação à agricultura para SBSTA, objetivando facilitar uma tomada de decisão na sessão da COP do ano seguinte. Não houve deliberação sobre esta questão na COP-18 (2012). Vale lembrar que a vigência do protocolo de Kyoto expirava em 2012. Em realidade, houve um compasso de espera até fossem definidos novos rumos em relação ao acordo internacional, o que só ocorreu na COP-21 (2015).

A presença de ambientalistas, empresas e governos na COP-21 fez com que fosse mais discutido, em comparação às conferências do clima anteriores, o quanto a produção agrícola está ligada diretamente às mudanças climáticas, apesar de a agricultura ter sido historicamente excluída das negociações da UNFCCC (2015).

Um ponto fundamental para a agropecuária na COP-21 foi o reconhecimento de que, apesar de contribuir com as mudanças climáticas, esse é também um setor fundamental para ajudar na redução das emissões de GEE estufa. Segundo Voivodic (2015): “a agropecuária faz parte do problema, mas está claro que é também parte da solução”, ao comentar sobre os compromissos pelo desmatamento zero e recuperação de áreas degradadas.

O Artigo 2º do Acordo de Paris enfatiza a necessidade de se enfrentar as mudanças do clima de forma que a produção de alimentos não seja ameaçada. É uma referência clara à necessidade de uma agricultura mais sustentável e de baixa emissão de GEE, que o Plano de Agricultura de Baixo Carbono - ABC já vem incentivando. O Artigo 5º do Acordo, “dá ênfase à conservação, recuperação e manejo de florestas como ações importantes de enfrentamento do clima global” (MOUTINHO, 2015).

Apesar de a agricultura não estar "oficialmente" dentro do UNFCCC, muitos países já estão incluindo em suas Contribuições Nacionalmente Determinadas-INDC as emissões e remoções dos GEE do setor da agricultura, no âmbito da *Land Use, Land-Use Change and Forestry* - LULUCF. A exemplo de tal inclusão, as INDC do Brasil incluem a implantação de 5000 mil ha de terras cultiváveis, sob o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Florestas (MMA, 2015).

O Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono), administrado pelo BNDES, está em vigor desde a safra 2010/2011. O programa visa à redução de GEE, através de apoio financeiro a sistemas e tecnologias sustentáveis de produção agropecuária, dentre as quais se destacam a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta-ILPF, recuperação de áreas de pastagens degradadas, florestas plantadas, tratamento de dejetos animais, fixação biológica de nitrogênio e sistema plantio direto (BNDES, 2015).

4 I VALOR ECONÔMICO AMBIENTAL

Em 1997, o Protocolo de Kyoto autorizou e disciplinou o comércio de emissão de GEE, estabelecendo princípios, modalidades, regras e diretrizes, definidos pela Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês). Os países integrantes do Anexo I daquele protocolo podem suplementar suas reduções domésticas dos GEE com a aquisição de unidades de redução de emissões.

De acordo com o Artigo 6 do referido protocolo, as unidades de redução comercializadas pelos países em desenvolvimento resultam de projeto, cujo objetivo é reduzir as emissões antrópicas por fontes ou aumentar as remoções antrópicas por sumidouros de GEE em qualquer setor da economia, os denominados MDL. Tais projetos são limitados por rígidas condições, entre elas a observância de procedimentos de auditoria e certificação. Para que as atividades previstas em tais projetos sejam realizadas, necessita-se de financiamentos. Mas, como avaliá-los? Como valorar economicamente o bem ambiental, uma vez que se trata de um bem com características tão peculiares? Como avaliar a demanda? De acordo com Motta (2006), a Economia Ambiental desenvolveu o conceito de Valor Econômico dos Recursos Ambientais (VERA), que engloba quatro formas de atribuição de valor:

VERA = (VUD + VUI + VUO) + (VNUL + VNUE)

onde,

VUD - Valor de Uso Direto;

VUI - Valor de Uso Indireto;

VUO - Valor de Uso de Opção;

VNUL - Valor de Não-Uso de Legado; e

VNUE - Valor de Não-Uso de Existência.

A valoração econômica dos bens ambientais pode ser realizada por: (*i*) métodos da função de produção - método da produtividade marginal e método de mercados de bens substitutos; e (*ii*) métodos da função demanda - método de mercado de bens complementares e método da valoração contingente.

Os métodos da função de produção estimam indiretamente o valor econômico de um determinado bem ambiental, considerando o preço de mercado existente de um bem privado que o substitua.

Os métodos da função de demanda utilizam-se de formas diretas de estimativa do valor econômico dos bens ambientais, considerando a disposição dos consumidores de pagar por estes, face à criação de mercados hipotéticos específicos.

Os valores que agentes atribuem aos ecossistemas e à biodiversidade podem ser agrupados em três diferentes tipos: valores de uso, valores de não-uso e valores intrínsecos.

Os valores intrínsecos correspondem à contribuição dos ecossistemas e da biodiversidade em manter a saúde e a integridade de um ecossistema ou espécie *per se*, independente da satisfação humana. Esses valores são baseados em sistemas de valor teológicos ou éticos e não podem ser captados em termos monetários. O valor econômico total dos ecossistemas e da biodiversidade é composto, portanto, pelos valores de uso e não uso dos ecossistemas e da biodiversidade (MOTTA, 2006).

Os valores de uso podem ser de uso direto, indireto e de opção.

Os valores de uso direto são aqueles dos quais os agentes beneficiam-se diretamente, tais como a madeira e os produtos não madeireiros, ou os serviços de beleza cênica para atividades turísticas ou recreacionais.

Valores de uso indireto estão relacionados às funções dos ecossistemas que beneficiam as pessoas indiretamente, por exemplo, a regulação do clima, o sequestro de carbono e a manutenção dos ciclos hidrológicos.

Valores de opção estão relacionados ao ato de deixar uma opção aberta para ser usada posteriormente. Como exemplo, são os valores da biodiversidade na expectativa de que componentes dela possam ser usados para fins medicinais no futuro.

Os valores de não uso são atribuídos por um agente, independente dele mesmo beneficiar-se do uso. Eles são divididos em duas categorias: de existência e de legado. Os valores de existência são aqueles atribuídos a algo para que exista independente do seu uso direto. Um exemplo é a importância e consequente disposição de um agente a pagar para que uma espécie seja protegida em seu habitat natural (urso polar), mesmo que o agente saiba que nunca irá de fato ver um animal desses na natureza.

Valor de legado refere-se ao valor atribuído a algo para que ele seja conservado, permitindo que próximas gerações dele se beneficiem (seja através do uso ou não uso). Excluídos os bens com valores de uso direto, não há mercados para a maior parte dos outros benefícios providos pelos ecossistemas e pela biodiversidade. Em consequência, não há transformação de valor em preço.

Ao mensurar os valores econômicos de serviços ambientais (Tabela 1) torna-se possível a comparação destes com outros bens produzidos ou recursos financeiros, trazendo maior clareza sobre os ganhos e as perdas que cada alternativa envolve os chamados conflitos de escolha. É nesse contexto que estudos têm buscado valorar os benefícios econômicos providos pelos ecossistemas e seus serviços ambientais para a sociedade (KUMAR, 2010).

Uma estimativa do valor total dos ecossistemas, baseada em cálculos adicionais, captando valores de uso (matérias-primas, recreação, alimentos, e de não comercializados); não uso (regulação do clima, controle de erosão, ciclagem de nutrientes, tratamento de resíduos etc.); valores de opção (recursos genéticos, habitat) e valores de existência (culturais, habitat, etc.) pode ser calculada segundo descrito por COSTANZA *et al*., 1997.

Valores de Uso			**Valores de Não-uso**	
Uso Direto	Uso Indireto	Opção	Legado	Existência
Alimentos	Armazenamento de Carbono	Biodiversidade	Espécies Ameaçadas	Biodiversidade
Madeira	Controle de Cheias	Habitat	Habitat	Espécies Extinção
Medicamentos	Ciclos Hídricos		Valores Culturais	Habitat

Tabela 1: Valor Econômico dos Bens Ambientais de Uso e Não-uso.

Fonte: Kumar, 2010.

A primeira estimativa do valor econômico da biosfera como um todo foi elaborada por Robert Costanza e outros autores em meados dos anos 1990 (COSTANZA *et al*., 1997). Estes pesquisadores revisaram um número de valorações de serviços ambientais e fizeram uma estimativa do valor total dos ecossistemas, baseada em cálculos adicionais próprios, captando valores de uso (matérias-primas, recreação, alimentos, e de não comercializados); não uso (regulação do clima, controle de erosão, ciclagem de nutrientes, tratamento de resíduos etc.); valores de opção (recursos genéticos, habitat) e valores de existência (culturais, habitat etc.).

De acordo com o referido estudo, a biosfera promove a cada ano bens e serviços ambientais à humanidade um valor médio da ordem de US$ 33 trilhões, a preços de 1994 (COSTANZA *et al*.,1997), correspondente a quase duas vezes o Produto Interno Bruto-PIB global, na época do estudo, no valor de US$ 18 trilhões.

METODOLOGIA

1 I ANÁLISE DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO

Para as análises físico-químicas dos solos foram obedecidos os procedimentos contidos no "Manual de Métodos de Análise de Solo" (2ª edição), elaborado pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos - CNPS da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997). Este manual reúne métodos clássicos empregados na caracterização física, química e mineralógica de solos.

A área de estudo é uma propriedade rural particular de 10 ha, integrante da sub-bacia hidrográfica do Rio Guandu, município de Seropédica-RJ. A propriedade foi georreferenciada e delimitada, discriminando-se as áreas de cultivo orgânico, reserva (mata nativa) e pastagem. A área restante representa a sede do minifúndio e jardins. As coletas do solo foram realizadas nesta propriedade de agricultura familiar, onde o produtor de alimentos orgânicos é associado e participa do Sistema Participativo de Garantia - SPG, certificado pela Associação de Agricultores Biológicos - ABIO, núcleo de Seropédica - RJ.

As amostras foram retiradas das áreas de cultivo orgânico, da reserva (mata nativa) e da pastagem. Para formar cada amostra composta, foram coletadas amostras simples, com auxílio de um enxadão e uma pá reta. Para fins de comparação, foi realizada uma amostragem de duas áreas próximas, com as mesmas características, mas que não estivesse submetida ao manejo orgânico (pasto e mata). Coletaram-se 25 amostras de solos, com profundidade de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm para a realização das análises carbono e nitrogênio.

As determinações analíticas descritas foram feitas nas amostras secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 2 mm para terra fina seca ao ar (TFSA). Os resultados obtidos para as amostras foram multiplicados pelos fatores de umidade para expressar os valores a 105º C de terra fina seca em estufa (TFSE).

O teor de N foi determinado por combustão de acordo com a metodologia de Dumas (Keeney e Bremner, 1967) utilizando o aparelho *Rapid N Cube* (Elementar®). Para C total do solo foram pesados 0,25g de solo moído com auxílio de graal e pistilo e levados para análise elementar por oxidação em via seca em aparelho de leitura simultânea de CHN da LECO®, também pela metodologia de Dumas. Os equipamentos, manipulados em cada método, representam as opções e disponibilidades instrumentais dos laboratórios da Universidade Federal Fluminense (UFF) e os cedidos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

2 I INVENTÁRIO DAS EMISSÕES DE CARBONO

Neste item são apresentadas as metodologias utilizadas na Ferramenta de Cálculo do *GHG Protocol* Agrícola. Tais metodologias são baseadas nas mesmas diretrizes

utilizadas pelo II Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência da Coordenação Geral de Mudanças Globais, Ministério da Ciência e Tecnologia, publicado no ano de 2010 e que segue as diretrizes do relatório do IPCC *Guidelines* 2006 (IPCC, 2010).

Foi dada prioridade para a utilização de fatores de emissão adequados à realidade brasileira, portanto fatores de emissão *Tier* 2 e, nos casos em que as métricas *Tier* 2 não estavam disponíveis, foram utilizados fatores de emissão *Tier* 1 (*default*), baseadas principalmente no IPCC *Guidelines* 2006.

2.1 Aplicação de fertilizantes orgânicos

$$N_2O_{Ad.Org} = Q_{Org} \times N_{ad} \times (1 - FRAC_{GasM}) \times FE_1$$

onde,

$N_2O_{Ad.Org}$ é a emissão de óxido nitroso associada à aplicação de fertilizantes orgânicos (kg N_2O-N / kg de adubo aplicado);

Q_{ORG} é a quantidade de adubo orgânico aplicado (kg);

N_{ad} é o percentual de nitrogênio do adubo orgânico (%);

$FRAC_{GasM}$ é a fração do N aplicado que volatiliza na forma de NH_3 e NO_x (%);

FE_1 é o fator de emissão (%).

2.2 Aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos

$$N_2O_{Fert} = N_{Fert} \times (1 - FRAC_{GasF}) \times FE_1$$

onde,

N_2O_{Fert} é a emissão de óxido nitroso, associada à aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos (kg N_2O-N / kg de adubo aplicado);

N_{Fert} é a quantidade de N aplicado como fertilizante nitrogenado (kg);

$FRAC_{GasF}$ é a fração do N, aplicado que volatiliza na forma de NH_3 e NO_x (%);

FE_1 é o fator de emissão (%).

2.3 Aplicação de calcário

$$CO_{2Calcário} = [Q_{Calcítico} \times FE_{Calcítico} + Q_{Dolomítico} \times FE_{Dolomítico}] \times 44/12$$

onde,

$CO_{2Calcário}$ é a emissão de CO_2 associada à aplicação de calcário no solo (kg CO_2);

$Q_{Calcítico}$ é a quantidade anual de calcário calcítico ($CaCO_3$) aplicado ao solo/ano (kg);

FE é o fator de emissão – conteúdo de carbono no calcário (%);

$Q_{Dolomítico}$ é a quantidade de calcário dolomítico ($CaMg(CO_3)_2$) (Mg). $kg.ano^{-1}$;

44/12 é o fator de conversão de C para CO_2 (adimensional).

2.4 Aplicação de Ureia

$$CO_{2\ Ureia} = (Q_{Ureia} \times FE_{Ureia}) \times 44/12$$

onde,

$CO_{2\ Ureia}$ é a emissão de CO_2 associada à aplicação de ureia no solo (kg CO_2);

Q_{Ureia} é a quantidade de ureia aplicada ao solo (kg);

FE_{Ureia} é o fator de emissão – conteúdo de carbono no calcário (%);

44/12 é o fator de conversão de C para CO_2 (adimensional).

2.5 Aplicação de defensivos agrícolas

$$E_{DA} = (Q_{Herbicida} \times FE_{Herbicida}) + (Q_{Inseticida} \times FE_{Inseticida}) + (Q_{Fungicida} \times FE_{Fungicida})$$

onde,

EDA é a emissão de GEE associada à aplicação de defensivos agrícolas (kg CO_2e);

$Q_{Herbicida}$ é a quantidade de herbicida aplicado no solo (kg);

$Q_{Inseticida}$ é a quantidade de inseticida aplicado no solo (kg);

$Q_{Fungicida}$ é a quantidade de fungicida aplicado no solo (kg);

$FE_{Herbicida}$ é o fator de emissão de herbicida (kg CO_2e kg^{-1});

$FE_{Inseticida}$ é o fator de emissão de inseticida (kg $CO_2e.kg^{-1}$);

$FE_{Fungicida}$ é o fator de emissão de fungicida (kg $CO_2e.kg^{-1}$).

2.6 Cultivo de arroz

$$CH_{4\ Arroz} = A \times FE_i$$

onde,

$CH_{4\ Arroz}$ é a emissão de metano associada à produção de arroz (g CH_4);

A é a área colhida (m^2);

FE_i é o fator de emissão integrado para uma dada área colhida (g $CH_4.m^{-2}.ano^{-1}$).

2.7 Dejetos de animais em pastagens

$$N_2O_{Past} = NA \times N_{Ex} \times FRAC_{PrP} \times FE_3$$

onde,

N_2O_{Past} é a emissão de óxido nitroso dos dejetos animais (kg $N_2O\text{-}N.kg^{-1}$);

NA é o número de animais (por rebanho);

N_{Ex} é o total de N excretado por animal de cada categoria (kg N. cabeça^{-1}.ano^{-1});

$FRAC_{PrP}$ é a fração do N total excretado pelos animais diretamente em pastagens (%);

FE_3 é o fator de emissão (%).

2.8 Fermentação entérica

A Fermentação entérica dos animais ruminantes herbívoros, que faz parte da sua digestão, é uma das maiores fontes de emissão de CH_4. A intensidade desse processo depende de diversos fatores, tais como o tipo de animal, seu alimento, a intensidade de sua atividade física e das diferentes práticas de manejo.

$$CH_{4Fermentação} = NA \times FE_{CH4Fermentação}$$

onde,

$CH_{4Fermentação}$ é a emissão de metano associada à fermentação entérica (kg de CH_4.ano^{-1});

NA é o número de animais;

$FE_{CH4Fermentação}$ é fator de emissão CH_4 na fermentação entérica (kg CH_4.cabeça^{-1}.ano^{-1}).

2.9 Manejo de dejetos de animais (exceto em pastagem)

$$N_2O_{Dej} = NA \times N_{Ex} \times (1 - FRAC_{PrP}) \times FE_3$$

onde,

N_2O_{Dej} é a emissão de óxido nitroso associada ao manejo de dejetos (kg N_2O-N.kg^{-1});

NA é o número de animais (por rebanho);

N_{Ex} é o total de N excretado por animal de cada categoria (kg N.cabeça^{-1}.ano^{-1});

$FRAC_{PrP}$ é a fração do N total, excretado pelos animais diretamente em pastagens (%);

FE_3 é o fator de emissão (%).

2.10 Manejo de Dejetos

$$CH_{4Fermentação} = NA \times FE_{CH4Dejetos}$$

onde,

$CH_{4Fermentação}$ é a emissão do metano associada ao manejo de dejetos (kg CH_4.ano^{-1});

$FE_{CH4.Dejetos}$ é o fator de emissão de CH_4 para manejo de dejetos (kg CH_4.cabeça^{-1}.ano^{-1}).

2.11 Fontes secundárias de N2O

A. Emissão de N_2O proveniente de deposição atmosférica

$$N_2O_{(G)} = [(N_{Fert} \times FRAC_{GasF}) + (N_{Resíduos} \times FRAC_{GasM})] \times FE_3$$

onde,

$N_2O_{(G)}$ é a emissão de óxido nitroso, associada à deposição atmosférica (kg N_2O-N);

N_{Fert} é a quantidade de N, aplicada na forma de fertilizante sintético (kg de N.ano^{-1});

$FRAC_{GasF}$ é a fração do N, aplicada na forma de fertilizante sintético que volatiliza como NH_3 e NO_x (kg [NH_3-N e NO_x-N].kg^{-1} N aplicado);

$N_{Resíduos}$ é a quantidade de N dos resíduos aplicados como fertilizante (kg N.ano^{-1});

$FRAC_{GasM}$ é a fração do N, aplicada como resíduos volatilizada como NH_3 e NO_x (kg [NH_3-N e NO_x-N].kg^{-1} N excretado);

FE_3 é fator emissão por deposição atmosférica (kg N_2O-N.kg^{-1} [NH_3-N e NO_x-N]).

B. Emissão de N_2O proveniente de lixiviação ou escoamento superficial

$$N_2O_{(L)} = (N_{Fert} + N_{Resíduos}) \times FRAC_{Leach} \times FE_4$$

onde,

$N_2O_{(L)}$ é emissão de óxido nitroso, associada à lixiviação (kg N_2O-N);

N_{Fert} é a quantidade de N, aplicada na forma de fertilizante sintético (kg de N.ano^{-1});

$N_{Resíduos}$ é a quantidade de N dos resíduos aplicados como fertilizante (kg N.ano^{-1});

$FRAC_{Leach}$ é a fração do N, adicionado ao solo e perdido por lixiviação ou escoamento superficial (kg N lixiviado ou escoado.kg^{-1} de fertilizante ou esterco);

FE_4 é o fator de emissão de N_2O para lixiviação/escoamento (kg N_2O-N.kg^{-1} N).

2.12 Mudança de uso do solo e sistemas de manejo

Há três caminhos principais através dos quais o uso do solo e diferentes sistemas de manejo podem contribuir para as emissões de carbono: (*i*) conversão da cobertura florestal para outros usos da terra (agricultura, pastagens, assentamentos, etc.); (*ii*) produção agrícola e (*iii*) pecuária. Além disso, carbono que é absorvido através das atividades de reflorestamento afeta os níveis líquidos de GEE.

A taxa de alteração, conforme apresentada na Tabela 2, não leva em consideração os biomas em que a mudança do uso da terra ocorreu, necessitando, portanto, que novas estimativas sejam realizadas com maior aprimoramento.

Mudança de Uso de Solo	Taxa de Alteração ($Mg\ C.ha^{-1}.ano^{-1}$)
PD para ILP	0,280
CC para PD (RJ)	0,480
VN para PD (RJ)	0,117
VN para ILP	0,708
CC para ILP	0,708

Tabela 2: Mudança do Uso do Solo.

Fonte: Relatório do IPCC *Guidelines* 2006 (IPCC, 2010).

VN = Vegetação nativa

CC = Cultivo convencional

PD = Plantio direto

ILP = Integração lavoura pecuária

2.13 Mudança de carbono no solo

A conversão de solos orgânicos para agricultura é normalmente acompanhada por drenagem artificial, cultivo e calagem, resultando em rápida oxidação de matéria orgânica e estabilização do solo e, consequente, emissão de CO_2.

O Fator de Alteração (Tabela 3) refere-se ao valor *default* (*Tier* 1).

$$ES_i = A_i \times C_{Solo} \times [fc_{(to)} - fc_{(tf)}] \times (T/2)/20$$

onde,

ES_i = emissão líquida no polígono *i* no período T, devido à variação do Carbono (t);

A_i = área do polígono *i* em hectares;

$fc_{(to)}$ = fator de alteração (inicial) de C no solo para floresta;

$fc_{(tf)}$ = fator de alteração (final) de C no solo para pastagem ou área agrícola;

T = período em anos;

C_{Solo} = carbono médio do solo sob vegetação primária .

Uso do Solo	Fator de Alteração
Floresta não manejada	1,00
Pastagem	0,97
Área agrícola	0,612

Tabela 3: Fator de Alteração na Mudança do Uso do Solo.

Fonte: Relatório do IPCC *Guidelines* 2006 (IPCC, 2010).

A metodologia para estimativa da variação no carbono no solo toma como referência o valor de carbono médio no solo sob vegetação primária. De acordo com o *Good Practice Guidance* 2003, o ganho/perda de carbono no solo é resultado da mudança do uso da terra

que ocorre durante o período de 20 anos. Os valores considerados por tipo de vegetação e tipo de solo, mostrados na Tabela 4.

Categorias						
Vegetação	Solos (kg $C.m^{-2}$)					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
V1	5,09	4,75	4,89	4,11	4,36	-
V2	3,22	5,19	4,69	5,06	5,27	4,81
V3	5,83	5,23	4,29	6,33	3,58	4,78
...						
V15	5,09	4,68	4,81	6,17	9,05	12,09

Tabela 4: Estoque de Carbono no Solo usado pelo IPCC como Tier 1 (Default).

Fonte: Relatório do IPCC *Guidelines* 2006 (IPCC, 2010).

Tipos de solos: Solos com argila de atividade alta (S1), Latossolos com argila de atividade baixa (S2), Não-Latossolos com argila de atividade baixa (S3), Solos arenosos (S4); Solos hidromórficos (S5) e Outros Solos (S6).

Classes de Vegetação: Floresta Amazônica Aberta (V1), Floresta Amazônica Densa (V2), Mata Atlântica (V3), Floresta Estacional Decidual (V4), Floresta Estacional Semidecidual (V5), Floresta Ombrófila Mista (V6), Savana Sul (V7), Savana Amazônica (V8), Cerrado (V9), Estepe do Sul (V10), Estepe Nordeste (Caatinga) (V11), Estepe Oeste (Pantanal) (V12), Refúgios Ecológicos de Montanhas e Terras Altas (V13), Áreas de Formação Pioneira (V14) e Áreas Arenosas e Vegetação Lenhosa Oligotrófica de Áreas Pantanosas (V15).

2.14 Queima de resíduos agrícolas

Para a estimativa das emissões de GEE devido à queima de resíduos, a metodologia adotada baseia-se no carbono total liberado, taxas de emissão de CH_4 e CO para o total de carbono liberado e de N_2O e NO_x para o total de nitrogênio liberado.

Para emissão de CH_4 e CO foi utilizada a equação abaixo:

$$CH_{4\,RES} = [(CROP \times FRAC_{DM\,crop}) \times (RES_{DM}/CROP_{DM}) \times FRAC_{CRes} \times Eq_{Res})] \times EF_1$$

onde,

CROP é a produção anual de cada cultura (tonelada);

$FRAC_{DMcrop}$ é a fração da matéria seca do produto colhido de cada cultura (%);

$RES_{DM}/CROP_{DM}$ é a razão entre resíduo seco e produto seco, para cada cultura;

$FRAC_{CRes}$ é o conteúdo de C da parte aérea de cada cultura (%);

EF_1 é o fator de emissão para cada gás;

Eq_{Res} é a eficiência de queima do resíduo (%).

Para a emissão de N_2O e NO_x, utilizou-se a seguinte equação:

$$N_2O_{Res} = (CROP \times FRAC_{DMcrop}) \times (RES_{DM}/CROP_{DM}) \times FRAC_{CRes} \times REL_{N/C} \times Eq_{Res})] \times EF_1$$

onde,

$FRAC_{DMcrop}$ é a fração da matéria seca do produto colhido de cada cultura (%);

$RES_{DM}/CROP_{DM}$ é a razão entre resíduo seco e produto seco, para cada cultura;

$FRAC_{CRes}$ é o conteúdo de C da parte aérea de cada cultura (%);

$REL_{N/C}$ é a relação nitrogênio/carbono da parte aérea de cada cultura;

EF_1 é o fator de emissão para cada gás.

Eq_{Res} é a eficiência de queima do resíduo (%);

Taxas de conversão de C e N para CH_4, CO, N_2O e NO_X: 16/12; 28/12; 44/28 e 46/14 (adimensional).

2.15 Resíduos de colheitas

$$N_2O_{Res} = [(CROP \times FRAC_{DMcrop} \times (RES_{DM}/CROP_{DM}) \times FRAC_{NCRes}] \times FE_1$$

onde,

N_2O_{Res} é a emissão do óxido nitroso, advindo dos resíduos da colheita;

CROP é a produção anual de cada cultura (kg);

$FRAC_{DMcrop}$ é a fração da matéria seca do produto colhido de cada cultura;

$RES_{DM}/CROP_{DM}$ é a razão entre resíduo seco e produto seco, para cada cultura;

$FRAC_{NCRes}$ é o conteúdo de N da parte aérea de cada cultura;

FE_1 é o fator de emissão.

2.16 Operações Mecanizadas

A. Consumo de combustível

$$CO_{2\ Diesel} = Q_{Diesel} \times FE_{Diesel}$$

onde,

$CO_{2\ Diesel}$ é a emissão de CO_2 associada ao consumo de óleo diesel (kg CO_2e);

Q_{Diesel} é a quantidade de óleo diesel consumida (l);

FE_{Diesel} é o fator de emissão do óleo diesel (kg $CO_2.l^{-1}$).

B. Estimativas sobre as operações

As operações mecanizadas são calculadas de acordo com as demandas de operação mecanizada por atividade e por hectare, que permitem estimar o consumo médio

de diesel nestas operações e, também, calcular as respectivas emissões de GEE.

2.17 Energia elétrica

Os fatores de emissão médios de CO_2 para energia elétrica a serem utilizados em inventários têm como objetivo estimar a quantidade de CO_2, associada a uma geração de energia elétrica determinada. É calculada a média das emissões da geração, levando em consideração todas as usinas que estão gerando energia e não somente aquelas que estejam funcionando na margem. Se todos os consumidores de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional - SIN calculassem as suas emissões multiplicando a energia consumida por esse fator de emissão, o somatório corresponderia às emissões do SIN. Nesse sentido, ele deve ser usado quando o objetivo for quantificar as emissões da energia elétrica que está sendo gerada em determinado momento. Assim, ele serve para inventários em geral, corporativos ou de outra natureza.

2.18 Definição dos escopos

As emissões dos GEE são divididas em três escopos, classificados de acordo com o grau de responsabilidade ou controle da unidade produtiva (inventariante destes gases), perante a fonte das emissões. As categorias são:

Escopo 1: Emissões diretas originárias de fontes da unidade produtiva inventariante ou por ela controladas. De acordo com as Diretrizes Agrícolas Brasileiras - DAB, há três subdivisões no Escopo 1, a saber: (*i*) Fontes mecânicas - aquelas que consomem combustível ou eletricidade e, portanto, emitem GEE pelo processo da combustão (na geração de energia ou no consumo de combustível). Exemplos de fontes mecânicas: colheitadeiras e caminhões para transporte; (*ii*) Fontes não mecânicas - as que emitem GEE por processos bioquímicos e têm uma grande variação de acordo com as condições bioclimáticas. Na maioria das vezes, essas emissões referem-se aos ciclos de nitrogênio e carbono. Exemplos de fontes não mecânicas: Fermentação entérica do gado e calagem do solo; e (*iii*) Mudanças no uso do solo - as emissões originárias da supressão de vegetação nativa para uso da área para outros fins. Estas emissões são consideradas não renováveis, porque há uma substituição permanente de um reservatório de carbono, relativamente constante e autorregenerativo, por um reservatório de dimensão inferior e não autorregenerativo. O relato de Escopo 1 é obrigatório, segundo as DAB.

Escopo 2: Emissões indiretas, provenientes da aquisição de energia elétrica e térmica, consumida pela unidade produtiva. Nesta categoria estão incluídas as emissões de GEE, relativas à geração de energia elétrica comprada pela unidade. O relato de Escopo 2 é obrigatório, segundo as DAB.

Escopo 3: Todas as outras emissões indiretas, não relatadas no Escopo 2. Exemplo: produção de defensivos agrícolas. As fontes de emissão Escopo 3 são ainda classificadas em 15 subcategorias, 8 a montante (*upstream*) e 7 a jusante (*dowstream*), conforme a

diretrizes do GHG *Protocol Corporate Value Chain* (*Scope 3*) *Standard*. O relato de Escopo 3 é opcional, segundo as DAB (WRI, 2014).

2.19 Modelo de reporte de emissões de GEE

Escopo	Categoria	Emissões em toneladas			Emissões em toneladas de CO_2 equivalente ($t\ CO_2e$)			
		CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	Total
Escopo 1	Fontes mecânicas							
	Fontes não mecânicas							
	Mudanças do uso do solo							
Escopo 2	Compra de energia							
Escopo 3	*Upstream e downstream*							
Total								
Carbono Biogênico	Uso do solo							
	Uso de biocombustíveis							
Total								

Tabela 5: Resumo das Emissões dos GEE

Fonte: Relatório do IPCC *Guidelines* 2006 (IPCC, 2010).

Categoria	Sequestro em toneladas de CO_2 equivalente ($t\ CO_2e$)
Mudança no uso do solo	
Uso do solo	
Total	

Tabela 6: Sequestro dos Carbono

Fonte: Relatório do IPCC *Guidelines* 2006 (IPCC, 2010).
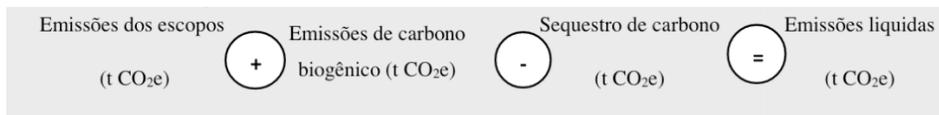
Tabela 7: Emissões Líquidas

3 I VALORAÇÃO ECONÔMICA E PRECIFICAÇÃO

A Economia Ambiental Neoclássica estrutura-se conceitualmente sobre duas abordagens distintas, estabelecidas em tratamentos teóricos diferenciados, a saber: a Economia dos Recursos Naturais e a Economia de Poluição.

Na primeira abordagem, os recursos naturais são vistos como ativos financeiros, ou seja, são insumos a serem transformados no processo de produção. (ENRÍQUEZ, 2010).

A segunda abordagem foi desenvolvida por Pigou (1920), baseada no conceito de “bem-estar” econômico que, segundo Amazonas (2001), a degradação dos recursos naturais representa custos sociais monetizados a serem internalizados no processo produtivo (externalidades).

Assim sendo, problemas distintos requerem soluções distintas. Em decorrência, a transformação do valor econômico em preço (precificação) propõe dois mecanismos distintos para o reequilíbrio do mercado, face ao surgimento de externalidades. Neste contexto, as emissões dos GEE surgem como uma falha de mercado, que impactam os processos produtivos, que representam custos sociais procedentes da poluição atmosférica e que comprometem a vida de todos os seres vivos.

Interessante notar que os próprios neoclássicos - defensores do reequilíbrio natural dos mercados, no longo prazo, e do Estado mínimo - propõem que o Estado interfira para que seja reestabelecido um novo ponto de equilíbrio do mercado.

No caso específico das emissões dos GEE, se entendermos os recursos naturais como ativos financeiros, a regulação das emissões dos GEE deveria ser realizada através de tributação (imposto pigouviano). Por outro lado, se o entendimento apontar para emissão/absorção dos GEE como degradação/preservação do Meio Ambiente, a proposta para reequilibrar o mercado deveria ser através do sistema de trocas (comercialização) dessas emissões. Dessa maneira, nasce o mercado de carbono.

Em síntese, a Economia Ambiental apropria-se de conceitos básicos da teoria neoclássica econômica para delinear suas estratégias e instrumento de enfrentamento à poluição ambiental (global, no caso das emissões do GEE), através da adoção de políticas de estímulo ao mercado (taxação ou subsídios) em busca de seu equilíbrio.

A taxação ampara-se no princípio do poluidor-pagador, onde o agente poluidor compensa o dano gerado pela externalidade negativa com o pagamento de um tributo. O subsídio encaixa-se também no mesmo princípio, mas como se fora um espelhamento, ou seja, uma externalidade positiva.

Para efeito da valoração econômica dos serviços ambientais, encontrados na propriedade, foram considerados preços praticados no mercado voluntário brasileiro de carbono (*INVESTING*, 2022) e internacional (OBio, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 I CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é uma propriedade rural particular de 10 ha, sendo seu ponto de amarração a 22° 49' 19,79" S e 43° 44' 16,43" W, e integrante da sub-bacia hidrográfica do Rio Guandu, município de Seropédica-RJ. A propriedade foi georreferenciada e delimitada, através de imagem de satélite (*Google Earth Pro*), auxiliada por sistema de navegação *Global Positioning System* - GPS (Figura 1).

Figura 1: Área da Propriedade em Estudo

Segundo a classificação de Köppen, o clima dessa região é do tipo Aw ou Tropical do Brasil Central. Os dados dos últimos vinte anos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Metereologia - INMET, localizada nas imediações da área estudada, mostram que a temperatura média anual local é de 23,8 ºC e a precipitação de 1.483,2 mm com o período de seca nos meses de junho, julho e agosto, e excedentes hídricos em dezembro, janeiro e fevereiro (INMET, 2015). O solo predominante na área estudada é do tipo Argissolo Vermelho-amarelo, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

A pesquisa abrange uma área sob o sistema de cultivo orgânico (1,3 ha), além da mata nativa (0,5 ha) e da pastagem (6,7 ha). A área restante da propriedade (1,5 ha) é utilizada com a sede e jardins. Usa-se como prática de conservação do solo a cobertura morta e cultivo mínimo.

A Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro - ABIO, núcleo de Seropédica, certificou esta propriedade como produtora de alimentos orgânicos há 20

anos, através do Sistema Participativo de Garantia - SPG. A produção de olerícolas e frutíferas é comercializada no mercado local e na cidade do Rio de Janeiro.

Esta área de Mata Atlântica foi desmatada há mais de trinta anos, seguida de implantação de um pomar convencional e, depois, convertida em pastagem. Em 2000, a área foi adquirida pelos atuais proprietários, que à época verificaram que a área estava dominada por *Brachiaria decumbens* (braquiária).

Neste mesmo ano, iniciou-se o processo de certificação sob o Sistema Participativo de Garantia - SPG pela ABIO, com apoio técnico do Departamento de Solos da UFRRJ.

A área de pastagem é arrendada a terceiros, que mantém 20 cabeças de bovino de corte e de 2 equinos, num rodízio que estabelece uma ocupação média anual de 195 dias.

Na propriedade são cultivadas olerícolas e frutíferas. Além de serem produzidas as mudas das olerícolas, é preparado o composto orgânico, sendo usado também um fertilizante foliar organomineral à base de nitrogênio e boro, cuja composição é à base de extrato do *citrus*. Como defensivos agrícolas são preparadas a calda bordalesa e a sulfocálcica, além do uso do óleo de Neem, que é um inseticida orgânico composto de óleo puro, obtido a partir da prensagem a frio das amêndoas de sementes de Neem indiano (*Azadirachta indica*). Para a irrigação por gotejamento e aspersão (em sistema artesanal), utiliza-se água potável bombeada de 2 poços semiartesianos.

Uma das práticas de manejo mais usadas é a cobertura morta orgânica, que conserva a umidade do solo e também alimenta as plantas, as minhocas, microrganismos e outras espécies de vida no solo. A matéria orgânica decomposta por estas várias formas de vida facilita a aglutinação das partículas do solo em uma estrutura mais grumosa, que retém melhor a água e os gases necessários para a vida das plantas. Há mais de 3 anos não é feita a correção da acidez do solo (calagem), pois o pH do solo encontrava-se em níveis apropriados ao plantio. Não há operações mecânicas, sendo utilizada a mão-de-obra familiar e, esporadicamente, contratado um ajudante diarista.

A comercialização dos produtos orgânicos realiza-se semanalmente no mercado local e na cidade do Rio de Janeiro.

2 | EMISSÃO DOS GEE

Do total dos 17 fatores de emissão dos GEE, listados pelo IPCC, foram encontrados 10 na área de estudo, discriminados a seguir: Aplicação de fertilizantes orgânicos; Aplicação de fertilizantes nitrogenados (extrato de *citrus*); Dejetos de animais em pastagens; Fermentação entérica; Manejo de dejetos de animais (exceto animais em pastagem); Manejo de dejetos; Fontes secundárias de N_2O; Mudança de carbono no solo; Resíduos de colheitas e Consumo de energia elétrica.

Na propriedade, não foram encontrados os seguintes fatores de emissão: Operações mecanizadas, Cultivo de arroz, Mudança de uso do solo e sistemas de manejo; Queima de

resíduos de colheita, Aplicação de calcário, de Ureia e de Defensivos agrícolas.

2.1 Dióxido de carbono (CO_2)

Segundo Levine (2000), além do dióxido de carbono (CO_2) há outros GEE, incluindo o monóxido de carbono (CO), o metano (CH_4), compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM) e espécies de nitrogênio (N_2O, NO_x).

Normalmente, para áreas de cultivos agrícolas e pastagens, apenas as emissões de gases não CO_2 são consideradas como emissões líquidas em inventários de GEE, devido à suposição de que a emissão de CO_2 é contrabalanceada pela remoção do CO_2, devido ao crescimento da vegetação no ciclo seguinte da cultura, dentro do mesmo período de um ano, considerando-se a mesma área de cultivo.

De forma similar, o CO é rapidamente convertido em CO_2 uma vez na atmosfera (IPCC, 2010). A metodologia indicada pelo IPCC também inclui as emissões de CO_2 provenientes da Mudança de Uso do Solo - AFOLU e Sistemas de Manejo, Mudança de Carbono no Solo e Consumo de Energia Elétrica. Vale frisar que a categoria “Mudança de Uso do Solo e Sistemas de Manejo” foi somente estimada como fonte emissora líquida negativa (sequestradora) de carbono no solo (*Tier* 2).

Há duas lacunas importantes nos dados necessários à estimativa do fator de emissão AFOLU. A primeira é a ausência de mapas atualizados sobre o tipo de ocupação da terra e a segunda refere-se aos mapas periódicos das mudanças desses usos (MCTI, 2010).

Como as emissões provenientes da mudança de floresta para outros usos (agricultura, pecuária e áreas urbanas) representa mais de 90% das emissões por AFOLU, utilizou-se os dados de desmatamento como base para estimativa dessas emissões, apesar de serem estes dados bastante defasados (OI, 2014).

2.1.1 Mudança de carbono no solo

Os fatores de alteração de carbono no solo para floresta ($fc_{(to)}$) e o de carbono no solo para pastagem ou área agrícola ($fc_{(tf)}$) são valores *default* quantificados em 0,97 e 0,61, significando a emissão é de 3% e 39% do carbono do solo, respectivamente. Com relação ao valor médio de carbono no solo sob vegetação primária, a metodologia do IPCC considera a vegetação do bioma Mata Atlântica e o solo tipo Não-Latossolos com argila de atividade baixa (*default*).

De acordo com o *Good Practice Guidance* 2003, deve ser adotado que o ganho/perda de carbono no solo seja resultado da Mudança do uso da terra que ocorre durante o período de 20 anos. Os valores considerados por tipo de vegetação e tipo de solo, de acordo com a metodologia do WRI (2014), discrimina o valor de 4,69 kg $C.m^2$ ao cotejar em sua matriz o tipo de vegetação da “Mata Atlântica” e o solo “Não-Latossolo com argila de

baixa atividade". No entanto, utilizou-se a média do Carbono do solo analisado na área de cultivo como métrica *Tier* 2 de valor 2,54 kg C.m^2.

Para a estimativa das emissões do CO_2, provenientes da Mudança de carbono do solo, utilizou-se a expressão:

$$ES_i = A_i \times C_{Solo} \times [fc_{(to)} - fc_{(tf)}] \times (T/2)/20$$

onde,

ES_i = emissão líquida na área *i* no período T, devido à variação do C em t de carbono;

A_i = área do polígono *i* em hectares;

$fc_{(to)}$ = fator de alteração (inicial) de C no solo para floresta;

$fc_{(tf)}$ = fator de alteração (final) de C no solo para pastagem ou área agrícola;

T = período em anos; e

C_{Solo} = C médio do solo sob vegetação primária.

Calculando-se:

ES = 8,5 x 2,54 x [(1 - 0,97) + (1 - 0,61] x (1/2)/20 = 2094,10 kg CO_2e

O valor estimado das emissões provenientes da Mudança de carbono no solo alcançou 2094,10 kg CO_2e, que representa 8,29% do total das emissões.

2.1.2 Consumo de energia elétrica

A expressão para o cálculo das emissões de CO_2, provenientes do Consumo de energia elétrica, deve ser indicada por:

$$CO_{2\ EE} = (EE \times FE) \times 1000$$

onde,

EE = consumo de energia elétrica (MWh);

FE = fator de emissão (t $CO_2.MWh^{-1}$).

Calculando-se:

$$CO_{2\ EE} = (0,60 \times 0,14) \times 1000 = 81,30 \text{ kg } CO_2e$$

Pesquisado o consumo médio de energia elétrica na propriedade, nos últimos dois anos, encontrou-se o quantitativo de 0,600 MWh.ano^{-1}. Este consumo anual de energia elétrica refere-se basicamente ao uso de bomba hidráulica (1/2 HP), necessário às regas e a um sistema artesanal de irrigação por aspersão. O fator de emissão de CO_2 usado foi 0,14 $CO_2.MWh^{-1}$. Em decorrência, alcançou-se 81,30 kg $CO_2.ano^{-1}$, correspondente a 0,31% do total do CO_2e, emitido na propriedade.

2.1.3 Total de dióxido de carbono (CO_2)

O somatório das emissões de CO_2 (provenientes da Mudança de Carbono do Solo e Consumo de Energia Elétrica) foi estimado em 2,17 t ha^{-1}. ano^{-1}, que corresponde a 8,60%

do total dos três principais GEE emitidos (CO_2, CH_4 e N_2O).

2.2 Metano (CH4)

As emissões de metano são provenientes da Fermentação entérica e de Dejetos animais herbívoros ruminantes (bovinos, equinos, ovinos, bubalinos e caprinos) produzem metano, em seu processo digestivo, que ocorre no rúmen. A produção de metano também ocorre a partir dos Dejetos de animais, principalmente, quando manipulados na forma líquida, em condições anaeróbicas.

A pecuária contribui significativamente para as emissões globais do metano, geradas a partir dos processos entéricos, e estão estimadas em 80 milhões de toneladas anuais, correspondendo a cerca de 22% das emissões totais de metano (USEPA, 2010).

No Brasil, 68% da pecuária é representada por bovinos (87% de corte e 13% de leite, aproximadamente), com cerca de 213 milhões de animais, sendo considerado o maior rebanho bovino do mundo com fins comerciais, em 2010 (IBGE, 2011).

Grande parte desses animais é do tipo zebuíno, criados em sistemas extensivos, de baixo investimento de capital. A produção de metano também ocorre a partir dos Dejetos de animais, principalmente, quando manipulados na forma líquida, em condições anaeróbicas.

As emissões globais de metano provenientes dessa fonte são estimadas em cerca de 25 milhões de toneladas por ano (IPCC, 2007), correspondendo a 7% das emissões totais de metano.

2.2.1 Fermentação entérica

Em relação à área estudada, seus proprietários arrendam parcela da propriedade, utilizada como pastagem. Em sistema de rodízio, 20 cabeças de bovino de corte e de 2 equinos pastoreiam, em média, 195 $dias.ano^{-1}$.

Para os valores dos fatores de emissão (FE) de metano, proveniente da Fermentação entérica, são considerados o tipo (corte e leiteiro), gênero e idade do gado, bem como o Estado da Federação, onde se localiza o pastoreio. Os fatores de emissão apresentados em cada Estado são diferentes, porque o cálculo destes fatores (*Tier* 1) é função, também, das faixas climáticas.

A expressão utilizada para quantificar a emissão de metano associada à Fermentação entérica (kg. $CH_4.ano^{-1}$) é:

$$CH_{4Fermentação} = NA \times FE_{CH4Fermentação}$$

onde,

NA = número de animais;

$FE_{CH4Fermentação}$ = fator de emissão na Fermentação entérica (kg $CH_4.cabeça^{-1}.ano^{-1}$).

Calculando-se e convertendo-se em CO_2e, tem-se:

$$CH_{4Fermentação} = 22 \times 61,64\ _{CH4Fermentação} = 18110,96\ kg\ CO_2e$$

A Fermentação entérica alcançou 18110,96 kg $CO_2e.ano^{-1}$ e representa 71,81% do total das emissões dos GEE na propriedade.

2.2.2 Manejo de dejetos

De maneira similar à Fermentação entérica, os fatores de emissão de metano, oriundos do Manejo de dejetos, também, levam em consideração o tipo (corte e leiteiro), gênero e idade do gado, bem como o Estado da Federação, onde se localiza o pastoreio.

Para se atingir este resultado, usou-se a seguinte expressão:

$$CH_{4Fermentação} = NA \times FE_{CH4Dejetos}$$

onde,

$CH_{4Fermentação:}$ emissão do metano do manejo de dejetos (kg $CH_4.ano^{-1}$);

$FE_{CH4.Dejetos:}$ fator de emissão CH_4 do manejo de dejetos (kg $CH_4.cabeça^{-1}.ano^{-1}$).

Calculando-se e convertendo-se em CO_2e, temos:

$$CH_{4Fermentação} = 22 \times 5,51\ _{CH4Dejetos} = 3030,00\ kg\ CO_2e$$

A estimativa para esta fonte de emissão foi de 3030,00 kg $CO_2e.ano^{-1}$ e representa 12,01% do total das emissões na propriedade.

2.2.3 Total das emissões de metano

Há que se destacar a importância da pecuária, haja vista que ela contribui com 83,82% do total das emissões dos GEE na propriedade, ou seja, o somatório das emissões dos GEE, provenientes da Fermentação Entérica e do Manejo de Dejetos. Se não houvesse o arrendamento na propriedade, melhores resultados seriam encontrados. Um simples cálculo aritmético demonstraria que os 16,18% restantes dos GEE emitidos ao serem cotejados com o total dos gases sequestrados resultariam em valores líquidos significativamente superiores ao obtido. Ou seja, com a diminuição dos gases emitidos a contribuição das emissões líquidas do cultivo orgânico seria ainda muito maior.

2.3 Óxido nitroso (N_2O)

As estimativas das emissões de N_2O consideraram as seguintes fontes: Aplicação de fertilizantes orgânicos; Dejetos de animais em pastagens; Manejo de dejetos de animais (exceto animais em pastagem); Fontes secundárias de N_2O e Resíduos de colheitas.

Somente os fertilizantes minerais de origem natural e de baixa solubilidade são permitidos na agricultura orgânica, como por exemplo, os fosfatos naturais, os calcários e os pós de rocha. Em outras situações específicas, verificada a necessidade de adubação, é necessária a autorização da certificadora para a aplicação de fertilizantes minerais.

O composto orgânico é o produto final da decomposição aeróbia de resíduos vegetais e animais. A compostagem permite a reciclagem desses resíduos, melhorando

as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Além disso, fornece nutrientes, favorece a um rápido enraizamento e aumenta a resistência das plantas.

2.3.1 Aplicação de fertilizantes orgânicos

Na área em estudo, para a produção do composto orgânico, são utilizados como matéria-prima os resíduos vegetais, que são ricos em carbono (galhos, folhas, capim e outros) e os resíduos animais, ricos em nitrogênio (esterco bovino). É comum usar um terço de resíduos vegetais, outro terço de esterco e o restante de terra retirada da própria área. A escolha da matéria-prima é importante para maior eficiência da compostagem. A fração do N ($FRAC_{GasM}$) aplicado que volatiliza na forma de NH_3 e NO_x, usada como *default* pelo IPCC (0,20) para o cálculo das emissões indiretas de fertilizantes, corresponde a 0,2% do total aplicado e o FE_1 é de 2%.

Para a quantificação do N_2O, decorrente da Aplicação de fertilizantes orgânicos, utilizou-se a equação:

$$N_2O_{Ad.Org} = Q_{Org} \times N_{ad} \times (1 - FRAC_{GasM}) \times FE_1$$

onde,

$N_2O_{Ad.Org}$ é a emissão de óxido nitroso associada à aplicação de fertilizantes orgânicos (kg N_2O-N / kg de adubo aplicado);

Q_{ORG} é a quantidade de adubo orgânico aplicado (kg);

N_{ad} é o percentual de nitrogênio do adubo orgânico (%);

$FRAC_{GasM}$ é a fração do N aplicado que volatiliza na forma de NH_3 e NO_x (%);

FE_1 é o fator de emissão (%).

Calculando-se e convertendo-se em CO_2e, tem-se:

$$N_2O_{Ad.Org} = 1765,00 \times 2.00 \times (1 - 0,20) \times 0,10 = 804,87 \text{ kg } CO_2e$$

Do resultado obtido, encontrou-se a massa de 804,87 kg CO_2e, correspondente a 3,17% do total das emissões de GEE.

2.3.2 Dejetos de animais em pastagens

Segundo o IPCC (2010), 2% do nitrogênio que ingressão no solo, derivado das excretas de bovinos, são perdidos como N_2O. Estudos preliminares na região de Mata Atlântica mostraram que as emissões de N_2O do solo tratado com urina animal também são inferiores às estimadas do IPCC. Calcula-se um fator de emissão direta de N_2O ($FRAC_{PrP)}$ ao redor de 0,5%, na época das chuvas, e de 0,1%, no inverno, que são valores muito inferiores ao proposto pelo IPCC, devido à boa drenagem dos solos brasileiros (URQUIAGA *et al.*, 2010). O IPCC sugere 2% como *default* para o fator de emissão, compatível com o solo de clima temperado, no hemisfério norte.

Para o cálculo das emissões de N_2O provenientes dos dejetos de animais em pastagem usou-se a expressão:

$$N_2O_{Past} = NA \times N_{Ex} \times FRAC_{PrP} \times FE$$

onde,

$N_2O_{Past:}$ emissão de N_2O dos dejetos animais em pastagens (kg N_2O-N.kg^{-1});

NA é o número de animais (por rebanho);

N_{Ex} é o total de N excretado por animal de cada categoria (kg N. cabeça^{-1}.ano^{-1}): *Tier* 1 *Guidelines*, 2006;

$FRAC_{PrP}$ é a fração do N total excretado pelos animais em pastagens (%);

FE_3 é o fator de emissão (%).

Calculando-se e convertendo-se em CO_2e, tem-se:

$$N_2O_{Past} = 22 \times 1{,}26 \times 2{,}00 \times 0{,}01 = 1{,}15 \text{ kg } CO_2e$$

Realizado o cálculo, verifica-se que o nível de N_2O, advindo dos Dejetos de animais em pastagens, corresponde a 1,15 kg CO_2e.ano^{-1} , participando em 0,005% do total das emissões dos GEE.

2.3.3 Manejo de dejetos (exceto pastagens)

O óxido nitroso estimado para o fator de emissão “Manejo de Dejetos de Animais (exceto em Pastagem)” é aquele produzido durante o armazenamento e tratamento de dejetos animais (fezes e urina), antes de serem aplicados ao solo como adubo. A emissão de N_2O destes dejetos depende do nitrogênio e carbono neles contidos, da duração da estocagem e do tipo de tratamento.

No caso em estudo, onde o esterco dos animais é “não manejado”, ou seja, os dejetos não são armazenados nem tratados, sendo depositados diretamente no campo, as emissões são contabilizadas como as do solo.

Dessa forma, a fração do N total ($FRAC_{PrP}$), excretado pelos animais diretamente em pastagens foi fixado em 2%, assumindo este mesmo percentual para o fator de emissão (%). Estabelecidos estes parâmetros, calculou-se a emissão de N_2O, provenientes do Manejo de dejetos (exceto em pastagens), conforme a expressão abaixo:

$$N_2O_{Dej} = NA \times N_{Ex} \times (1 - FRAC_{PrP}) \times FE_3$$

onde,

N_2O_{Dej} é a emissão de N_2O, associada ao manejo de dejetos;

NA é o número de animais (por rebanho);

N_{Ex} é o total de N excretado por animal de cada categoria (kg.cabeça^{-1});

$FRAC_{PrP}$ é a fração do N total, excretado pelos animais diretamente em pastagens (%);

FE_3 é o fator de emissão (%).

Calculando-se e convertendo-se em CO_2e, temos:

$$N_2O_{Dej} = 22 \times 1{,}26 \times (1 - 0{,}02) \times 0{,}02 = 161{,}70 \text{ kg } CO_2e$$

O Manejo de Dejetos (exceto em Pastagens) contribui com emissões de GEE num total de 161,70 kg $CO_2e.ano^{-1}$, representando 0,64% do total dos gases emitidos.

2.3.4 Fontes secundárias

As emissões secundárias de N_2O foram calculadas considerando duas fontes: a deposição atmosférica de NH_3 e NO_x e a lixiviação/escoamento superficial. Para tanto, foram utilizados dados referentes ao uso de fertilizantes nitrogenados (N_{Fert}) e à quantidade de N contida tanto nos resíduos adicionados ao solo ($N_{Resíduos}$).

Parte-se do princípio de que parte do N aplicado ao solo é volatilizada na forma de NH_3 e NO_x e retorna ao solo pela deposição atmosférica, ficando novamente passível de ser emitida na forma de N_2O.

Para efetuar estas estimativas, foram utilizadas as expressões abaixo:

A) Emissão de N_2O proveniente de deposição atmosférica:

$$N_2O_{(G)} = [(N_{Fert} \times FRAC_{GasF}) + (N_{Resíduos} \times FRAC_{GasM})] \times FE_3$$

onde*,*

$N_2O_{(G)}$, emissão de óxido nitroso, associada à deposição atmosférica (kg N_2O-N);

N_{Fert} é a quantidade de N, aplicada na forma de fertilizante sintético (kg $N.ano^{-1}$);

$FRAC_{GasF}$ é a fração do N, aplicada na forma de fertilizante sintético que volatiliza como NH_3 e NO_x (kg [NH_3-N e NO_x-N].kg^{-1} N aplicado);

$N_{Resíduos}$ é a quantidade de N dos resíduos aplicados aos solos (kg $N.ano^{-1}$);

$FRAC_{GasM}$ é a fração do N, aplicada como resíduos volatilizada como NH_3 e NO_x (kg [NH_3-N e NO_x-N].kg^{-1} N excretado);

FE_3 é fator emissão p/deposição atmosférica (kg N_2O-N.kg^{-1} [NH_3-N e NO_x-N]).

Calculando-se e convertendo-se em CO_2e, tem-se:

$$N_2O_{(G)} = [(0{,}55 \times 0{,}1) + (0{,}01 \times 0{,}20)] \times 0{,}01 = 0{,}170 \text{ kg } CO_2e$$

B) Emissão de N_2O proveniente de lixiviação ou escoamento superficial:

$$N_2O_{(L)} = (N_{Fert} + N_{Resíduos}) \times FRAC_{Leach} \times FE_4$$

onde*,*

$N_2O_{(L)}$: emissão associada à lixiviação/escoamento superficial (kg N_2O-N);

N_{Fert}: quantidade de N, aplicada na forma de fertilizante (kg $N.ano^{-1}$);

$N_{Resíduos}$: N contido nos resíduos aplicados como fertilizante (kg de $N.ano^{-1}$);

$FRAC_{Leach}$: fração do N, adicionado ao solo e perdido por lixiviação ou escoamento superficial (kg N lixiviado ou escoado.kg^{-1} de fertilizante ou esterco);

FE_4: fator de emissão de N_2O para lixiviação (kg N_2O-N.kg^{-1} N lixiviado).

Calculando-se e convertendo-se em CO_2e, tem-se:

$$N_2O_{(L)} = (0,55 + 0,01) \times 0,30 \times 0,03 = 1,25 \text{ kg } CO_2e$$

O total de N_2O emitido, provenientes de Deposição atmosférica e por Lixiviação atingiu 1,42 kg $CO_2e.ano^{-1}$, correspondente a 0,005% do total dos gases emitidos.

2.3.5 Resíduos de colheitas

O sistema de cultivo com conservação do solo engloba qualquer método que retenha resíduos suficientes da cultura anterior de modo que, pelo menos, 30% da superfície do solo esteja coberta depois do plantio.

De acordo com os dados do Inventário de Recursos da *United States Departament of Agriculture* - USDA (2010), a ação da água e do vento no solo de áreas cultiváveis do país diminuiu 43% entre 1982 e 2003, boa parte devido à adoção de cultivos com conservação do solo.

Deixar os resíduos depositados na superfície do solo também ajuda a aumentar a infiltração da água que, ao mesmo tempo, limita a formação de enxurrada. Os resíduos também favorecem a retenção da água reduzindo sua evaporação, mantendo assim a umidade do solo. A prática da cobertura morta estimula a diversidade da flora e da fauna do solo, fornecendo alimento a animais por meio dos resíduos e estabilizando seus *habitats*. Além disso, melhora a qualidade da matéria orgânica do solo que, por sua vez, favorece ao desenvolvimento de uma estrutura interna mais estável e aumenta a capacidade do solo em elevar a produtividade das colheitas e em proteger contra os danos ambientais. Na propriedade em estudo, todo resíduo das colheitas anteriores é aproveitado como cobertura morta.

Para estimar o volume de N_2O de Resíduos de colheitas, empregou-se a equação:

$$N_2O_{Res} = [(CROP \times FRAC_{DMcrop} \times (RES_{DM}/CROP_{DM}) \times FRAC_{NCRes}] \times FE_1$$

onde,

N_2O_{Res} é a emissão do óxido nitroso, advindo dos resíduos da colheita;

CROP é a produção anual de cada cultura (kg);

$FRAC_{DMcrop}$ é a fração da matéria seca do produto colhido de cada cultura;

$RES_{DM}/CROP_{DM}$ é a razão entre resíduo seco e produto seco, para cada cultura;

$FRAC_{NCRes}$ é o conteúdo de N da parte aérea de cada cultura;

FE_1 é o fator de emissão.

Calculando-se e convertendo-se em CO_2e, tem-se:

$$N_2O_{Res} = [(3000 \times 0,87 \times (1,49) \times 0,01] \times 0,10 = 927,11 \text{ kg } CO_2e$$

A fonte de Carbono emitida por Resíduos de Colheitas atingiu 927,11 kg $CO_2e.ano^{-1}$, contribuindo em 3,69% do total das emissões dos GEE.

Comparando-se os resultados das emissões de CO_2e provenientes da aplicação de Fertilizantes orgânicos e do uso de Resíduos das colheitas, pode-se verificar que estas fontes emitem praticamente as mesmas quantidades de CO_2e, correspondentes a cerca de 3% das emissões totais de CO_2e.

2.3.6 Total de N_2O

As estimativas das emissões de N_2O (Fertilizantes orgânicos; Dejetos de animais em pastagens; Manejo de dejetos de animais (exceto animais em pastagem); Fontes secundárias de N_2O; e Resíduos de colheitas) totalizaram 1,91 t $CO_2e.ano^{-1}$, participando em 5,92% do montante das emissões dos GEE.

2.4 Total das emissões

De acordo com a Tabela 8, o total estimado das emissões dos GEE alcançou, no ano de 2014, cerca de 25,22 t CO_2e que, num horizonte de 20 anos, corresponde a 504,26 t CO_2e, sob a hipótese de que não haverá mudanças no uso do solo e que as variedades vegetais a serem cultivadas permanecerão as mesmas. Sob tais condições restritivas constantes, projetaram-se como lineares as emissões de GEE.

Fontes de Emissões de Carbono	t $CO_2e.ano^{-1}$	%	t $CO_2e.ano^{20}$
Dióxido de Carbono	2,17	8,60	43,40
Mudança de Carbono no Solo	2,09	8,29	
Energia Elétrica	0,08	0,31	
Metano	21,14	83,82	422,80
Fermentação Entérica	18,11	71,81	
Manejo de Dejetos	3,03	12,01	
Óxido Nitroso	1,91	7,58	38,06
Resíduos de Colheitas	0,93	3,69	
Fertilizantes Orgânicos	0,80	3,17	
Outros	0,18	0,72	
Total das Emissões De Carbono	25,22	100,00	504,26

Tabela 8: Total das Emissões de Carbono da propriedade estudada.

Tal estimativa baseou-se na hipótese de que, anualmente, seriam cultivadas as mesmas variedades vegetais, mantidas as áreas de pastagem e de mata nativa.

A maior contribuição das emissões de GEE, considerada a propriedade como um

todo, foi a Fermentação entérica (71,81%), resultado da emissão de metano proveniente da presença de bovinos na propriedade. O Manejo de dejetos, segundo maior emissor com 12.01%, é conduzido de forma convencional sólido para o preparo do composto orgânico. Em seguida, tem-se como fonte de emissão a Mudança de carbono no solo (8,29%), referente à própria dinâmica da decomposição da matéria orgânica do solo (Figura 2).

No sistema orgânico de cultivo, o preparo do solo requer manter a maior parte dos resíduos culturais sobre a superfície do solo. Dentre as principais vantagens desta prática destacam-se: a manutenção prolongada do resíduo orgânico nesta superfície, protegendo o solo do impacto direto das gotas de chuva; a conservação da umidade do solo e a melhoria da biota do solo. Estes Resíduos de colheita, na propriedade em estudo, contribuem com 3,69% do total das emissões. Os Fertilizantes orgânicos, obtidos a partir de matérias-primas de origem vegetal ou animal, podem oferecer nutrientes importantes para as plantas, mas o maior benefício por eles proporcionado é tornar o solo mais agregado, com maiores fluxos de infiltração e drenagem de água, além de melhorar a aeração e a capacidade de armazenamento de insumos. Há, também, um aumento na diversidade de microrganismos capazes de reduzir a matéria orgânica em substâncias mais simples, assimiláveis pelos vegetais. Os Fertilizantes orgânicos, utilizados na área em estudo, participam com 3,17% do total das emissões. Também foram agrupados na classe “Outros” (0,72%) os seguintes fatores: Aplicação de fertilizantes nitrogenados; Dejetos de animais em pastagens; Manejo de dejetos de animais (exceto animais em pastagem) e Fontes secundárias de N_2O. (Figura 2)
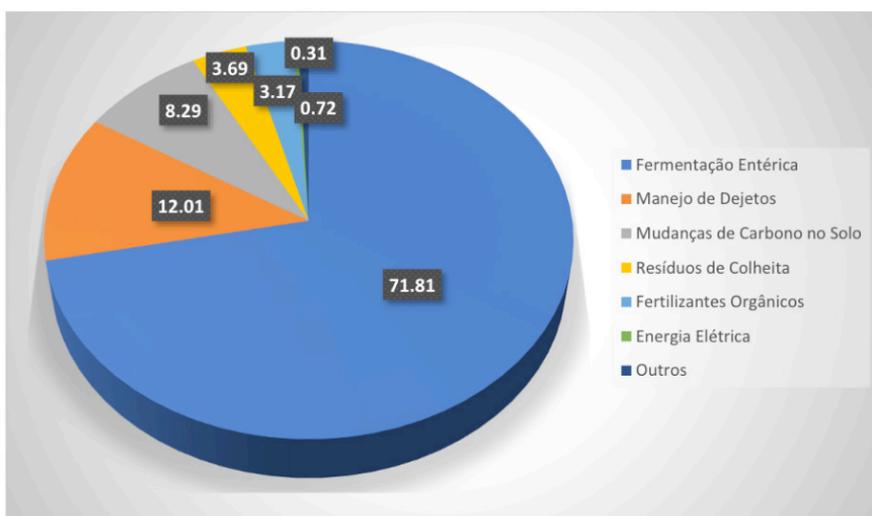
Figura 2: Participação dos Fatores de Emissão, considerando a propriedade na íntegra

Analisando-se somente a área submetida ao cultivo orgânico, que tecnicamente

contém também a área de reserva, os fatores “Mudança do carbono no solo” e “Resíduo de Colheitas” passam a ter a maior importância relativa, alcançando participação de 51,23% e de 22,79%, respectivamente. Desconsiderou-se o arrendamento destinado à pastagem, por ser esta atividade responsável pela maior emissão de GEE na propriedade e, em decorrência, determina significativo impacto ambiental negativo (Figura 3).
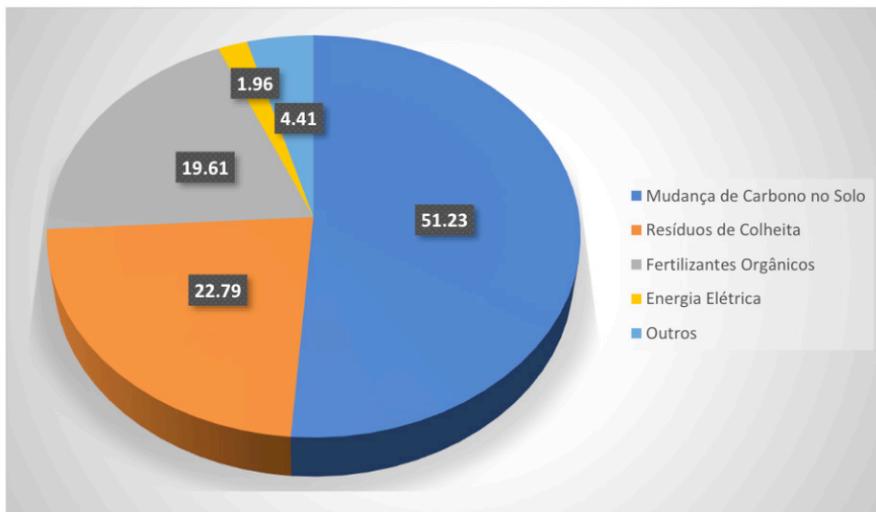
Figura 3: Participação dos Fatores de Emissão, considerando a área sob sistema de produção orgânica.

Observa-se uma significativa redução da emissão de CO_2e (Tabela 9), tendo em vista ser a Fermentação entérica o fator que mais contribui (71,81%) para emissão do CO_2e da propriedade.

A Tabela 8 apresenta o total das emissões dos GEE na propriedade como um todo e a Tabela 9, somente da área sob o sistema orgânico de cultivo. Comparando-se estas duas tabelas, verifica-se que o total das emissões dos GEE reduz de 25,22 t $CO_2e.ano^{-1}$ para 4,08 t $CO_2e.ano^{-1}$, significando um decréscimo de, aproximadamente, 84%. Sob a hipótese de uma projeção linear, toda a propriedade emitiria, em 20 anos, 504,26 t $CO_2e.ano^{20}$ e, para o mesmo período de tempo, a área de cultivo orgânico emitiria 81,46 t $CO_2e.ano^{20}$.

Fontes de Emissões de Carbono	t CO_2e.ano^{-1}	%	t CO_2e.ano^{20}
Dióxido de Carbono	2,17	53,19	43,40
Mudança de Carbono no Solo	2,09	51,23	
Energia Elétrica	0,08	1,96	
Óxido Nitroso	1,91	46,81	38,06
Resíduos de Colheitas	0,93	22,79	
Fertilizantes Orgânicos	0,80	19,61	
Outros	0,18	4,41	
Total das Emissões De Carbono	4,08	100,00	81,46

*foram excluídas as emissões referentes à Fermentação entérica e ao Manejo de dejetos.

Tabela 9: Total das Emissões de Carbono da área com sistema de cultivo orgânico* da propriedade estudada

3 | SEQUESTRO DE CARBONO

O total de estoque de carbono foi estimado em 673,4 t C, no ano de 2014 (Tabela 10), para a camada de 0-30 cm, de acordo com a metodologia elaborada pelo IPCC, que recomenda que a análise do estoque de carbono no solo deva ser realizada até a profundidade de 30 cm (IPCC, 2010).

As áreas de pastagem, de reserva legal e de cada uma das espécies de cultivo são levantamentos primários. Assim, pode-se calcular o volume da terra, a massa do solo, considerada a densidade de 1,2 kg.dm^{-3}, e determinar seu respectivo estoque de carbono. Os totais de carbono e de nitrogênio encontrados foram de 673,4 t e de 76,5t, respectivamente.

O estoque de nitrogênio para esta camada de solo, na propriedade em estudo, foi estimado em 76,5 t, a partir da média ponderada do teor de cada camada, equivalente a 765 t CO_2e (Tabela 10). Para a estimativa desse estoque, considerou-se que uma perda de 1 kg de nitrogênio equivale a emissão de 10 kg de CO_2e. (ASSAD *et al*, 2013).

A metodologia do IPCC orienta quantificar a emissão e acumulação dos GEE somente no compartimento solo, desconsiderando-se as advindas das partes aéreas das plantas, bem como as lançadas pelas raízes. Em decorrência, os teores e estoque de carbono e de nitrogênio tendem a decrescer à medida que a profundidade aumenta. Para o acúmulo do carbono no solo, essa premissa é atendida, considerando-se que, nas camadas de 10-20 e de 20-30 cm, tem-se o dobro da espessura das outras camadas (Tabela 10).

Profundidade	Média de C (%)	Média de N (%)	Estoque de C (t)	Estoque de N (t)
0-5	3,22	0,42	153,21	17,40
5-10	2,81	0,28	126,00	14,31
10-20	2,26	0,23	208,44	23,67
20-30	1,87	0,12	185,77	21,10
0-30 cm	Média (%)		Total (t)	
	2,54	0,29	673,43	76,49
N (% do Carbono do solo)		11,36%		

Tabela 10: Teores e estoque de N e C do solo coletado nas áreas de produção da propriedade em estudo, sob manejo orgânico, por profundidade de amostra.

Os teores de carbono são referentes a uma coleta realizada no ano de 2014. No entanto, para fins de projeção do acúmulo deste elemento foi necessária a recuperação de uma série histórica destes teores, visando à projeção do acúmulo de carbono no solo, num horizonte de 20 anos. Os resultados de 2000 a 2012 foram conseguidos a partir da análise das amostras do solo de coletas periódicas a cada 2 anos. A série histórica da evolução dos teores de C está apresentada na Figura 4.
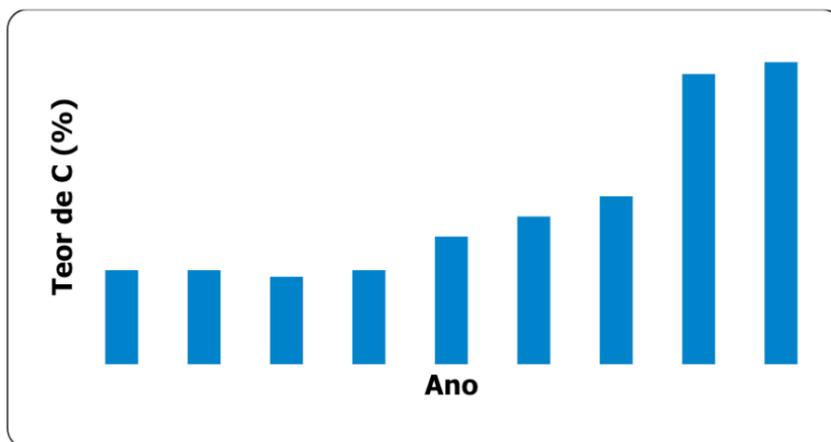
Figura 4: Teores de C do solo coletado nas áreas de produção sob manejo orgânico na propriedade em estudo, durante os anos de 2000 a 2015.

A partir da série histórica destes dados (Figura 4) foram ajustadas funções de acúmulo dos teores de C, utilizando-se modelos de regressão não lineares que, normalmente, são aplicados na descrição de fenômenos biológicos, em análises que exigem um horizonte longo de tempo, haja vista que o comportamento do carbono e a atividade dos micro-organismos vivos, relacionados ao acúmulo do elemento, apresentam comportamento dinâmico e não linear.

As equações foram ajustadas a partir de modelos pré-definidos, no *software TableCurve*2D (versão 5.01; *Systat Software Incorporation*, 2002; *TRIAL VERSION*; http://www.sigmaplot.com/downloads/download.php). As análises estatísticas das regressões e dos coeficientes estão apresentadas nos Anexos 2 e 3.

Dessa maneira, foram concebidos dois cenários: o primeiro, otimista e o outro, conservador. Ajustadas estas duas equações para a área em estudo, considerou-se no primeiro cenário (otimista) um acúmulo adicional de carbono no solo entre os teores anuais a taxas significativas, consoante à tendência dos últimos anos (2008 a 2015). Isto porque neste período foi melhorado o manejo na propriedade, principalmente ao se adotar o sistema de manutenção da vegetação espontânea. Na outra projeção (conservadora), considerou-se uma taxa de acréscimo insignificativo nos teores de carbono do solo.

Na Figura 5, são apresentadas as curvas de tendência de aumento dos teores com previsão até 2035, horizonte de tempo de 20 anos, de acordo com o recomendado pela metodologia do IPCC.
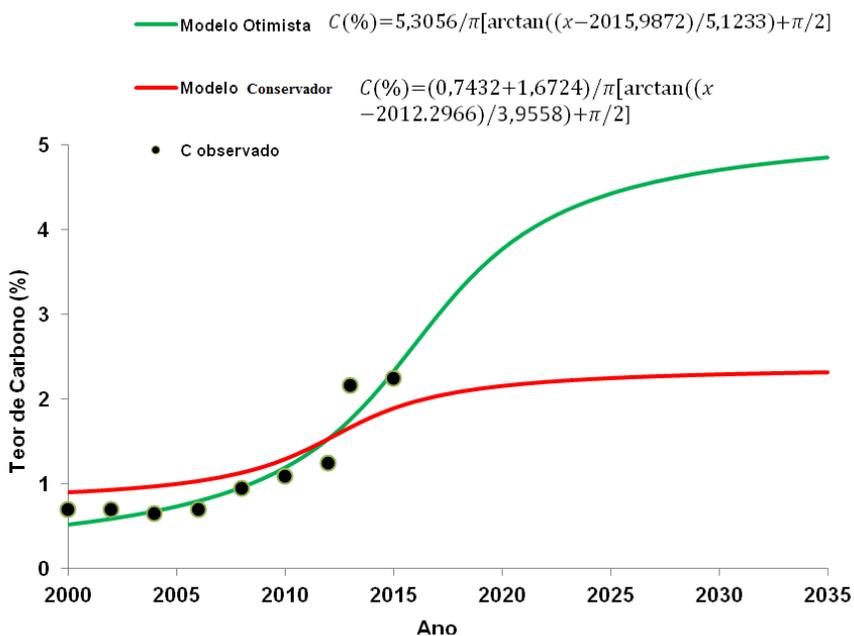
Figura 5: Teor de C do solo: valores observados a partir das coletas de 2000 a 2015 e modelos de projeção (otimista e conservador) até o ano de 2035.

De acordo com a Figura 5, é possível observar na projeção otimista, que os teores de C do solo, ao final dos 20 anos aproximam-se dos teores adotados como *default* (4,29%) na metodologia do IPCC, para os solos classificados como “Não-Latossolos com argila de

atividade baixa", localizados na Mata Atlântica, segundo o Relatório do IPCC *Guidelines* 2006 (IPCC, 2010).

Realizadas estas projeções para o período 2015 a 2035, foram estimadas as taxas anuais de acúmulo do carbono no solo e, posteriormente, a taxa média anual para o período para a estimativa do sequestro de C no solo. A estimativa das taxas anuais foi realizada pela diferença entre os teores anuais (forma clássica). Os valores estimados para as equações adotadas estão apresentados no Anexo 4.

De acordo com a projeção otimista, para obtenção do sequestro anual de C nas áreas submetidas ao cultivo orgânico (1,3 ha da propriedade), aplicou-se a taxa média de aumento de 2,53% do estoque de carbono pré-existente e, para a projeção conservadora, utilizou-se a taxa de 0,45% do carbono pré-existente, no ano de 2015. Quanto à previsão do acúmulo de N, calculou-se a partir do teor de N do solo encontrado nas diferentes áreas, apresentando uma relação média C:N de 11,36 do estoque ou da taxa de C sequestrada (Tabela 10).

Os valores da taxa de acúmulo de C e do percentual de N, referentes ao teor de 2014, foram utilizadas para calcular o sequestro de C e N no sistema, sendo que, para a área de pasto, foi desconsiderado o acúmulo, pois assumiu-se que esta área não faz parte do cultivo sob sistema orgânico. Para a área de reserva, adotou-se uma taxa de aumento de C na faixa de 0,5% a.a. do estoque de carbono pré-existente. Para fins de comparação com a literatura, estimou-se o acúmulo anual de C e N de cada área de cultivo para seu equivalente por hectare (Tabela 11).

	Previsão otimista		**Previsão conservadora**	
Manejo	C	N	C	N
	---------------------------t ha^{-1} ano^{-1}-------------------------------			
Berinjela	1,93	0,22	0,32	0,03
Jiló	2,18	0,25	0,37	0,04
Milho	2,08	0,24	0,35	0,03
Pasto 1*	0,00	0,00	0,00	0,00
Pasto 2*	0,00	0,00	0,00	0,00
Pimenta	2,49	0,28	0,42	0,04
Reserva	0,49	0,06	0,49	0,05
Tomate	4,38	0,50	0,74	0,07
Média	1,69	0,19	0,34	0,03

*Foi desconsiderado qualquer acúmulo de C e N na área de pastagem.

Tabela 11: Acúmulo anual (otimista e conservador) de C e N nas áreas estudadas.

É crescente o número de experimentos científicos relacionados às taxas de acúmulo de carbono no solo, em diferentes sistemas de manejo, conforme Tabela 12 abaixo. Após

a implantação do Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono), o interesse sobre este tema ganhou visibilidade. Este programa objetiva reduzir as emissões de GEE da agricultura, adotando sistemas de produção e boas práticas agrícolas.

As discussões acadêmico-científicas em nível mundial, referentes às mudanças do clima, contribuíram para uma importante mudança de paradigma em termos de crédito e de financiamento. Estes, em sua maioria, estão vinculados obrigatoriamente a um sistema de produção ou a uma tecnologia que auxilie na mitigação dos GEE, além de promoverem o aumento da eficiência na produção agrícola e pecuária. Em decorrência, aumentaram significativamente as pesquisas nesta área sobre as taxas de emissões dos GEE. É bem verdade que ainda são escassos aqueles relativos ao sistema orgânico de produção.

Sistema	Mg C $ha^{-1}.ano^{-1}$	Autor
SPD	1,47	Jacovine *et al* (2006)
SPD	0,10 a 1,66	Sá *et al* (2001)
SPD	0,79 (1)	Tonon *et al* (2012)
SPD	1,00	Bustamante *et al* (2006)
ILP	0,40 a 0,80	Salton *et al* (2011)

SPD: Sistema de Plantio Direto;

ILP: Integração Lavoura-Pecuária.

(1) valor médio em experimento de 4 anos.

Tabela 12: Potencial das taxas de sequestro de C, compiladas por diferentes autores.

Comparando-se os resultados das Tabelas 11 e 12, pode-se verificar que o sistema orgânico de cultivo apresenta taxas de acúmulo de carbono bem superiores a diferentes outros sistemas de manejo. Observa-se que algumas espécies, cultivadas na propriedade em estudo, mostram sua capacidade de acumular carbono em níveis mais significativos do que os do SPD e ILP. Em destaque, discriminou-se os cultivos de tomate e de pimenta que resultaram em taxas de acúmulo de 4,38 Mg C $ha^{-1}.ano^{-1}$ e de 2,49 Mg C $ha^{-1}.ano^{-1}$, respectivamente.

Com os resultados obtidos na área em estudo e se na área de pastagem fosse adotado sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) poder-se-ia inferir uma taxa adicional de sequestro de carbono de 0,708 Mg C $ha^{-1}.ano^{-1}$ (*Tier* 1: *default* da Metodologia do IPCC). Tal hipótese melhoraria a média anual da taxa de acúmulo de carbono da propriedade.

No Anexo 1 são apresentados os dados efetivos de sequestro de C e N nos solos da área cultivada, por variedades e por profundidade do solo. A memória de cálculo dos cenários otimista e conservador é apresentada nos Anexos 5 e 6.

4 I EMISSÕES LÍQUIDAS DE GEE

Na Tabela 15 é apresentado o balanço da emissão de $CO_2e.ano^{20}$ da propriedade em estudo no sistema de cultivo orgânico, acrescido da área de reserva de vegetação nativa.

É possível observar que, mantido o arrendamento da área de pastagem, mesmo sob condições otimistas de acúmulo de C, não é possível obter-se um balanço positivo de CO_2e, durante o período projetado.

O Balanço será positivo considerando-se o modelo otimista de acréscimo de C ao solo e sem o arrendamento da pastagem. Em decorrência, resultará um balanço positivo de 211,59 t $CO_2e.ano^{20}$.

Considerando os dados da Tabela 13, é possível avaliar que, para o sistema de cultivo orgânico permaneça em equilíbrio em termos de GEE, é necessária que a acumulação de carbono no solo ocorra a uma taxa mínima (calculada por interpolação) de 0,55% do carbono pré-existente.

Área considerada	**Emissões(a)**	**Sequestro(b)**		**Balanço (b-a)**	
		Modelo Otimista	Modelo Conservadora	Modelo Otimista	Modelo Conservadora
	-------------------------------- t $CO_2e.ano^{20}$----------------------------------				
Propriedade	504,26	293,05	67,59	-211,21	-436,67
Sistema	81,46	293,05	67,59	+211,59	-13,87

Tabela 15: Balanço das emissões de Carbono para um período de em anos, considerando a área da propriedade como um todo e apenas o sistema sob cultivo orgânico mais a reserva.

5 I PRECIFICAÇÃO DAS EMISSÕES LÍQUIDAS DE CARBONO

Apesar de o item 3.2 deste livro apresentar os principais aspectos de todas as COP, faz-se necessário realizar um breve relato para se compreender o atual estado do mercado de carbono. Isso porque é inadmissível, para um mundo globalizado, que pactos firmados entre países no Acordo de Paris, em 2015, ainda não tenham sido cumpridos até a presente data (novembro/22), face às significativas mudanças climáticas que vem ocorrendo nas últimas décadas.

Pode-se exemplificar, em especial, a criação de um mecanismo (Fundo Financeiro de Compensação), no qual seriam aportados US$100 bilhões/ano a partir de 2020. Já se passaram 02 (dois) anos e esses aportes financeiros não se transformaram em realidade. É importante lembrar que o IPCC, criado em 1988, tem como uma de suas atribuições legais a destinação de subsídios aos governos nacionais para que estes possam implementar

suas políticas ambientais. Nove anos depois, em 1997, foi assinado o Protocolo de Kyoto, em que o principal fato político-econômico-ambiental foi a criação de MDL, mas. somente em 2015, representantes de 191 países aprovaram o Acordo de Paris, quando o mercado de carbono foi regulamentado.

O sistema de comércio de emissões mais comum no mercado de carbono é do tipo "*Cap and Trade*", onde o governo estabelece um limite de emissões de GEE e define uma quantidade de licenças (RCE) a ser negociada, compatíveis com esse limite. As empresas podem comprar e/ou vender licenças, de acordo com suas necessidades tecnológicas.

Não se pode deixar de destacar que o mercado de carbono regulado não motiva aos empresários investir em tecnologias mais limpas, maximizando e prolongando o tempo de substituição de seus retornos financeiros com tecnologias, às vezes, ultrapassadas até mesmo como estratégia de barreira à entrada de novos competidores, mantendo seus custos de produção em tal patamar, que impediria a implantação de novas unidades produtivas. Estas estratégias representam potenciais obstáculos para que outras empresas comecem a atuar no mercado. Na maioria das vezes, as empresas preferem mitigar os efeitos das emissões dos GEE, participando do mercado regulado de carbono do que investir em novas tecnologias mais limpas.

No mercado regulado de carbono, foram negociados €229 bilhões, em 2020, representando um montante cinco vezes maior do que o transacionado em 2017, reflexo da vasta amplitude dos preços dos créditos de carbono praticados que oscilaram de US$1.00 a US$137.00, sendo que a maioria das transações ocorreu em torno dos US$ 10.00 (ECOSYSTEM MARKETPLACE, 2022).

Vale ressaltar que o MDL enfatiza a relação comercial entre nações com a compra e venda de licenças de emissões de GEE. Assim, o MDL é o mecanismo reconhecido no mundo para regular as compensações do GEE entre aqueles países que tem metas obrigatórias (desenvolvidos) com aqueles sem metas obrigatórias (em desenvolvimento). Enquanto o MDL, no mercado regulado de carbono, utiliza-se do sistema de comercialização de "*Cap and Trade*", no mercado voluntário de carbono também se negociam as licenças, através de programas tradicionais como os denominados "*Verified Carbon Standard*" - VCS e o "*Gold Standard for the Global Goals*" - GS. O primeiro destes programas tornou-se o mais abrangente no mundo, devido às garantias de qualidade e integridade dos projetos que certifica, endossadas pela Aliança Internacional de Redução e Compensação de Carbono - ICROA.

O GS também serve para validar o mercado voluntário de carbono, garantindo que os créditos transacionados sejam íntegros. Destaca-se que o GS atua majoritariamente em projetos de eficiência energética.

Enquanto no mercado regulado de carbono, as transações são formalizadas entre países, o mercado voluntário desenvolve-se por iniciativa de empresas e mesmo por pessoas físicas interessadas na compra e/ou venda de crédito de carbono, oriundo de

comércios de terceiros, que controlam a emissão efetiva dos GEE.

O Brasil vem comercializando as RCE no mercado voluntário de carbono. O Decreto Federal nº 11.075, de 19 de maio de 2022, estabeleceu os procedimentos para elaboração dos "Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas" e instituiu o "Sistema Nacional de Redução de Emissões de GEE - SINARE". Vale ressaltar que o artigo 11 deste decreto estabelece que o SINARE também "possibilitará, sem a necessidade de geração de crédito certificado de redução de emissões e em consonância com as regras estabelecidas na forma prevista no § 1º do art. 8º do referido decreto, o registro de: (*i*) pegadas de carbono de produtos, processos e atividades; (*ii*) carbono de vegetação nativa; (*iii*) carbono no solo; (*iv*) carbono azul; e (*v*) unidade de estoque de carbono" (BRASIL, 2022).

Ainda de acordo com o Decreto Federal nº 11.705/2022, ficou estabelecido também um prazo de 180 (cento e oitenta) dias para que os acordos setoriais sejam apresentados, podendo ser postergados por mais 06 (seis) meses, ou seja, até 15 de maio de 2023.

Observando-se que os Planos Setoriais ainda estão sendo elaborados, não há uma estrutura institucional em funcionamento que acompanhe os projetos com potencial de gerar créditos de carbono no mercado voluntário. Por outro lado, os bancos de dados internacionais, apresentam informações incompletas e, na maioria das vezes, indisponíveis ao público.

Para efeito da precificação dos serviços ambientais (armazenamento do carbono no solo), encontrados na propriedade em estudo, considerou-se necessário verificar o comportamento do mercado voluntário de carbono (internacional e brasileiro), por seu expressivo crescimento, nos últimos anos, decorrente basicamente por 03 (três) motivos, a saber: (*i*) consciência socioambiental e valoração da imagem institucional; (*ii*) menor preço entre os créditos de carbono disponíveis no mercado voluntário; e (*iii*) proibição de o setor de energia renovável ter acesso ao mercado regulado de carbono, a partir de 2020.

Assim sendo, observa-se significativa expansão dos créditos de carbono no mercado global voluntário entre os anos de 2000 a 2020. O valor de uma RCE (correspondente à redução de uma tonelada de carbono equivalente) foi cotado em torno de US$20.00/t$CO_2$eq e de US$32.37/tCO_2eq como valor médio no mercado voluntário internacional de carbono. Vale notar que a cotação média neste mercado significou uma movimentação financeira de valores transacionados que atingiram a cifra de US$60.00bilhões, em 2020 (Figura 6).
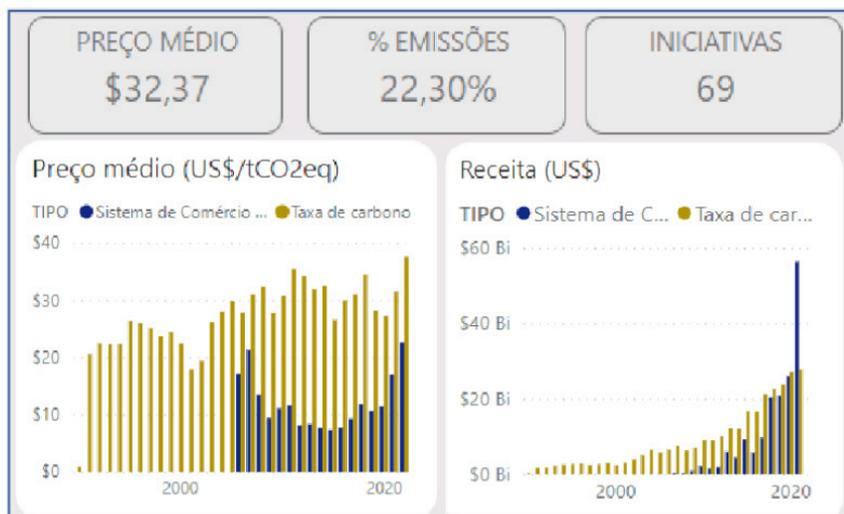
Figura 6: Evolução mundial dos créditos de carbono no mercado mundial segundo a plataforma do Observatório de Bioeconomia - FGV

Fonte: OBio, 2022.

O principal portal financeiro Investing.com disponibilizou nos últimos cinco anos (novembro/2017 a novembro/2022), os preços praticados mensalmente no mercado voluntário de carbono.

No Brasil há, atualmente, 159 projetos no mercado voluntário de carbono, dos quais 80% já são registrados, ou seja, possuem créditos de carbono; 5% estão registrados, mas ainda não possuem os respectivos créditos e 15% estão em fase de validação.

Vale ressaltar que os primeiros projetos candidatos à obtenção de créditos de carbono no mercado voluntário receberam validação e registro, somente em 2020. Trata-se de um mercado emergente, ainda sem informações oficiais consolidadas.

O mercado voluntário de carbono, no Brasil, caracteriza-se pela extensa amplitude de sua faixa de preços e pelo inexpressivo número de projetos. Dessa forma, a estimativa da média dos preços torna-se não significativa no mercado voluntário de carbono.

Para a estimativa por faixa do potencial benefício financeiro para a propriedade em análise, considerou-se:

i) sequestro dos gases de GEE resultante de 211,59tCO_2eq;

ii) a área da propriedade cultivada com alimentos orgânicos, acrescida da área de reserva, excluída a área com pastagem;

iii) intervalo do preço unitário do crédito de carbono: US$13.25 t$CO_2$eq (*Investing*) a US$22.63 tCO_2eq (Observatório).

Adotadas estas premissas, a unidade familiar poderia auferir recursos financeiros que oscilariam entre US$2,803.57/ano até US$4,788.28/ano. Levando em consideração às

conversões cambiais monetárias em cotação diária (máximas e mínimas) durante o mês de novembro de 2022, isto significaria que a propriedade familiar poderia arrecadar R$14,38 mil/ano até R$24,56 mil/ano.

No presente estudo, a valoração econômica refere-se à emissão líquida dos GEE, classificado como valor de uso indireto (armazenamento de carbono), e o acesso ao mercado voluntario de carbono dos produtores de alimentos orgânicos poderia se efetivar com a participação dos associados da ABIO (interveniente), assessorados pelo Laboratório de Estudo das Relações Solo-Planta da UFRRJ.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A criação do mercado de carbono, resultante do mecanismo de compensação das emissões do GEE deve ser analisado como parte integrante de um processo de reprodução do capital, sob a ótica política, ética, ecológica e econômica e ao amparo da Convenção do Clima numa economia globalizada. Trata-se de uma das modalidades dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL do Protocolo de Kyoto para compensar os compromissos de redução de emissão para mitigar a mudanças climáticas. Este mecanismo estabelece, também, que os projetos MDL devem contribuir para o desenvolvimento sustentável do país, gerador dos RCE.

A discussão da adoção ou não deste instrumento pelo regime internacional do clima requer compreender (*i*) por que o setor de reflorestamento foi priorizado em detrimento de outras atividades; (*ii*) quais as potencialidades e riscos do sequestro de carbono a partir do reflorestamento; (*iii*) se o MDL efetivamente contribui para o desenvolvimento sustentável do país, conforme preconiza o Protocolo de Kyoto; (*iv*) quais os setores econômicos (e grupos de interesse) que realmente se beneficiam com o mercado de carbono; e (*v*) quais os impactos socioambientais dos projetos de carbono florestal, identificando seus reais beneficiários.

Nos anos 80 e 90, torna-se evidente que fase ascendente do ciclo econômico, representada por significativo aumento da produção industrial, é acompanhada pela intensificação da degradação ambiental, e adquire dimensões globais. Esta crise ambiental diferencia-se das anteriores havidas ao longo da história do homem na Terra, principalmente, pelo ritmo, amplitude e profundidade, resultantes da expansão da produção capitalista, que se apresentam em escala global, através da mudança climática e da perda da diversidade biológica.

Em 1991, o IPCC publicou, com a participação de renomados cientistas, seu primeiro relatório, alertando sobre o aumento da temperatura no planeta, devido à intensificação das emissões do GEE. Este relatório admitiu, pela primeira vez, que a concentração de GEE estava aumentando na atmosfera em decorrência das emissões antrópicas. O principal deles é o dióxido de carbono (CO_2), responsável por 80% do aquecimento, tendo como principal fonte a queima de combustíveis fósseis como o carvão, o petróleo e o gás natural. O metano (CH_4), o segundo GEE em importância antrópica, tem potencial de aquecimento 25 vezes maior do que o CO_2. As principais fontes antropogênicas do CH_4 são provenientes das atividades agrícolas (Fermentação entérica dos ruminantes e Manejo de dejetos). O óxido nitroso (N_2O) é um GEE, que apresenta um potencial equivalente a 298 vezes em relação ao CO_2, e é proveniente principalmente dos Fertilizantes orgânicos e dos Resíduos de colheitas (cobertura morta).

O *Third Assessment Report* (AR3) do IPCC, publicado em 2001, divulgou que a temperatura média do planeta tinha aumentado 0,6º C, no século XX. As três últimas

décadas foram as mais quentes desde 1850. De acordo com o AR5, o aumento da temperatura entre a média do período 1850-1900 e a média do período 2003–2012 foi de 0,78 °C (IPCC, 2014).

O último Relatório do IPCC, publicado em 2022, apresenta seis principais conclusões sobre mitigação das mudanças climáticas, a saber:

> *i* com o limite do aquecimento global a 1,5°C, as emissões de GEE precisariam parar de crescer em 2025;
>
> *ii* não há espaço para novas unidades produtivas, baseadas em combustíveis fósseis;
>
> *iii* necessárias transformações rápidas em todos os setores para evitar extremos impactos climáticos;
>
> *iv* mudanças de comportamento e estilo de vida como papel fundamental;
>
> *v* o aumento da temperatura global dentro do limite de 1,5°C será impossível sem remoção dos combustíveis fósseis; e
>
> *vi* o financiamento climático para a mitigação deve ser de 3 a 6 vezes maior até 2030 para limitar o aquecimento global a 2°C. (IPCC, 2022)

Pode-se perceber ser um sinal alarmante do IPCC, principalmente se levarmos em conta que, ao apagar das luzes da COP-27, neste mesmo ano de 2022, abriu-se um precedente quanto à continuidade do uso do gás natural, como se esta fonte energética não fosse também um combustível fóssil.

Tal aquecimento afeta de forma desigual, causando maiores danos ambientais àquelas populações mais pobres de todos os países, pois são mais vulneráveis em sua capacidade de adaptação às situações ainda mais adversas. Entre estes efeitos do aquecimento global sobressaem: menor disponibilidade de água; decréscimo da produtividade agrícola; aumento do risco de inundações e interiorização das populações que vivem nas áreas litorâneas, devido à elevação do nível do mar; desaparecimento de países insulares; aumento da taxa de mortalidade (*heat stress*); e maior incidência de epidemias típicas das regiões tropicais, a exemplo da malária, dengue, *chikungunya*, *zika* e cólera (JURAS, 2014).

Além destes aspectos, há que se considerar as questões éticas, sob pena de agravar ainda mais a distância entre países desenvolvidos e os em desenvolvimento. Com efeito, as COP vêm respeitando o "*Princípio da Responsabilidade Comum, porém Diferenciada".* Deve-se destacar que a COP-1 reconheceu este princípio ao conferir maior responsabilidade aos países que mais contribuíram para a atual concentração de GEE na atmosfera e, dessa forma, os países desenvolvidos deveriam assumir primeiramente os compromissos sobre as emissões dos GEE.

Analisando-se a questão política em relação às mudanças climáticas, verifica-se que o fortalecimento das posições de alguns países decorreu da aliança entre eles pela

formação de blocos de interesses, havendo inicialmente a divisão entre dois grandes blocos: países desenvolvidos e os em desenvolvimento.

Este primeiro bloco (países desenvolvidos) também se subdivide em: (*i*) países ex-socialistas que sofreram significativa redução das emissões dos GEE, nos anos 90, devido à *débâcle* de suas economias; (*ii*) grupo "*guarda-chuva", liderado* pelos *EUA,* que defendem a redução de emissão em cotas iguais para cada país, pois o aquecimento é um problema global; e (*iii*) *União Europeia* que apresenta média intensidade de carbono é, portanto, contrária aos mecanismos de flexibilização.

O segundo bloco (países em desenvolvimento) estão subdivididos em: (*i*) países *exportadores de petróleo*, defensores do uso do petróleo, persistem em questionar as bases científicas do aquecimento global; (*ii*) países *insulares,* mais vulneráveis à elevação do nível do mar, defendem níveis maiores de redução das emissões dos GEE; (*iii*) "*emergentes sujos"* que, além de serem muito populosos, possuem matriz energética à base de carvão mineral e, assim, apoiam o critério de redução das emissões *per capita* e rejeitam metas de redução das emissões para países em desenvolvimento; (*iv*) países menos desenvolvidos, favoráveis a compromissos mais rígidos para os países desenvolvidos, na expectativa de obterem mais recursos financeiros, através do MDL; e (*v*) *emergentes limpos,* com matriz energética hidrelétrica, defendem os mecanismos de flexibilização, com o intuito de elevar o aporte de recursos para sustentar seu desenvolvimento.

Ratificado o Protocolo de Kyoto, e embutido nele os mecanismos de flexibilização, em especial o MDL, a questão econômica surge de forma límpida ao se optar por estes mecanismos ao invés de, aproveitando o impasse climático global, induzir (forçar) que os países mudassem seu padrão tecnológico energético. Não se trata de "questão tecnológica", pois as tecnologias já estão disponíveis para as próximas décadas e sim, dos custos que estas mudanças tecnológicas definiriam um caminho para se obter energia mais limpa e eficiente.

Frente à realidade do MDL, e perante a efetiva regulamentação das emissões, muitas corporações econômicas de maior porte e de intensa emissão (principalmente, geradoras de energia, setor de papel e celulose, setor de transporte, petrolíferas e siderúrgicas) estão cada vez mais se adiantando às regulamentações das emissões dos GEE. Na maioria dos casos, não se trata de uma motivação ambiental, é simplesmente a dinâmica de um mercado oligopolista, visando criar barreiras à entrada de novos competidores. Em decorrência, este mercado caracteriza-se pela elevada concentração de capital, impossibilitando que unidades de menor porte participem deste mercado.

Diante desse novo mercado em formação, quais as oportunidades ou estratégias possíveis para que uma unidade produtiva familiar de alimentos orgânicos pudesse também usufruir do mercado de carbono?

Vale lembrar que o Protocolo de Kyoto, inicialmente, chegou a considerar quatro formas de sequestro: (*i*) reflorestamento, inclusive de sistemas agroflorestais, que sequestra

o carbono; (*ii*) manejo florestal sustentável que tanto sequestra quanto reduz as emissões; (*iii*) conservação e proteção florestal contra desmatamento que é uma forma de emissão evitada; e , (*iv*) substituição do combustível fóssil por biomassa renovável. Observa-se, no entanto, que essas formas de sequestro de carbono estão direcionadas, principalmente, às indústrias e à agricultura de larga escala.

Com o poder de convencimento dos grandes grupos econômicos transnacionais, o Acordo de Marrakesh (COP-7) elegeu o sequestro florestal como modalidade de MDL, excluindo as práticas de conservação e do sistema de manejo. Em 2003, na COP-9, ficou regulamentado que os RCE florestais seriam temporários.

Interessante notar que o Artigo 12 do Protocolo de Kyoto determina que o MDL deva contribuir para o desenvolvimento sustentável do país gerador dos RCE. De que desenvolvimento aquele Artigo se referia? Neste sentido, é importante não deixar qualquer dúvida conceitual entre crescimento e desenvolvimento. Desenvolvimento determina e explicita a forma e o fluxo da apropriação do capital reproduzido.

Outro conceito fundamental integrante daquele Artigo refere-se à sustentabilidade que, por sua vez, tem como questão-chave a justiça social e o combate à pobreza. Se fosse respeitado, quais os argumentos de o sistema orgânico de cultivo em unidade familiar não participar do mercado de carbono e ser remunerado pela prestação de bens ambientais de uso indireto (armazenamento do carbono ou emissão líquida negativa de carbono)?

Num ambiente em que a certificação dos produtos orgânicos se efetiva através do Sistema Participativo de Garantia - SPG, já existe uma prática real de participação social, que é um elemento indutor de mudanças, desde que ganhe autonomia, capacidade de proposta e de pressão, no sentido de nortear esta participação em direção aos interesses de todos, sem contemplar somente os interesses da maioria, mas que as minorias também sejam consideradas.

Além da participação social, o desenvolvimento sustentável demanda práticas sociais democráticas para que determinadas condições sejam viabilizadas de forma autônoma e, portanto, sejam capazes de embasar políticas públicas que efetivamente transformem as estruturas econômicas e políticas. Assim, de acordo com o "Princípio da Isonomia", integrante do Direito Ambiental, nada mais justo que os produtores de alimentos orgânicos possam usufruir de compensações financeiras, através do Pagamento por Serviços Ambientais - PSA e/ou participar do mercado voluntário de carbono.

CONCLUSÕES

A primeira e principal conclusão refere-se à capacidade de a produção familiar de alimentos orgânicos aumentar o estoque de carbono no solo, estando assim habilitada à remuneração de seus serviços ambientais prestados por contribuir na redução das emissões dos GEE e, por consequência, do aquecimento global.

Oportunidades: os proprietários da área em estudo poderiam diversificar sua renda financeira pela adoção de sistemas integrados de produção (ILP ou ILPF); poderiam obter ganhos adicionais por meio do acesso a linhas de crédito diferenciadas (Programa ABC) e pela remuneração por serviços ambientais prestados.

Para que tais ações tornem-se realidade, é necessário que o Programa ABC chegue efetivamente a seus destinatários finais, lembrando que um dos entraves para a operacionalidade deste programa é a baixa capilaridade do BNDES. Com a mudança deste programa para ser operado por seus agentes financeiros (operação indireta) e com a criação do Programa CAPACITA (voltado inicialmente à capacitação dos próprios agentes indiretos), espera-se melhor desempenho do BNDES e melhor acesso dos produtores ao Programa ABC.

Idealmente, sob o ponto de vista dos países em desenvolvimento, as negociações no âmbito das COP deveriam caminhar para a ampliação do MDL e da consolidação do MDS, de forma a garantir a participação dos produtores de alimentos orgânicos neste mercado. As certificadoras no SPG poderiam ser intervenientes no processo de inclusão de seus associados no mercado voluntário de carbono. Com isto, os custos unitários de transação para inserção no mercado de carbono seriam reduzidos significativamente.

Vale ressaltar que no MDL, quando se trata de projetos de reflorestamento, são aceitas áreas não contínuas como objeto de um só projeto. Por analogia, poder-se-ia considerar cada produtor agrícola como uma unidade e a certificadora, como a credora do total dos RCE.

O Decreto Federal nº11.075, de 19 de maio de 2022, instituiu o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa-SINARE, estabelecendo os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas e, para efeitos desse decreto, inclui o armazenamento do carbono do solo como um ativo financeiro ambiental, sendo passível de compensação financeira de emissões dos GEE.

Há de se esperar que o setor de alimentos orgânicos se organize e conclua, em tempo hábil, até maio de 2023, o seu Plano Setorial de Mitigação da Mudanças Climáticas, condição necessária para obtenção das compensações financeiras, conforme o referido decreto federal.

REFERÊNCIAS

ABRANCHES, S. **Copenhague: antes e depois**. Coppead-UFRJ: estudos avançados, 2010. Rio de Janeiro. Civilização Brasileira, 2010.

ASSAD, E. Impactos, Vulnerabilidades e Adaptação. PBMC, 2013: Contribuição do Grupo de Trabalho II ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT II. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 2013. 28 p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 3ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

BACEN. **Valoração Econômica Ambiental**. Boletim Responsabilidade Social e Ambiental do Sistema Financeiro. Ano3, nº 30, maio de 2008. Brasília, DF. 2008.

BARBOSA, L. **Impacto de sistemas de cultivo orgânico e convencional da cana-de-açúcar nos atributos do solo**. 2010. Dissertação de Mestrado em Agronomia-Universidade de Brasília, Brasília, 2010. 80f.

BNDES. **Modelagem Econômica Para Análise De Perspectivas no Mercado de Créditos de Carbono**. Revista BNDES, Rio de Janeiro, V. 14, N. 29, P. 115-156, JUN. 2008.

BNDES. **Efeito Estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima**. Assessoria Especial de Meio Ambiente. Rio de Janeiro, setembro de 1999.

BNDES. **Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura: ProgramaABC**.Disponível:http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/abc.html. Acesso: 26/01/2016.

BRASIL. **Decreto nº 6.323**, de 27 de dezembro de 2007, que regulamenta a Lei Federal 10.831/2003. Disponível: www.planalto.gov.br/2010/Decreto.htm; Acesso em: 23/04/2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 7**, de 17 de maio de 1999**.** Brasília: Diário Oficial da União, Seção I. p 11. 9/05/1999. Disponível: http://ibd.com.br/Media/arquivo_digital/c40fe6c4-51f3-414a-9936-49ea814fd64c.pdf. Acesso: 12/09/2015.

BRASIL. **Lei nº 10.831**, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre agricultura orgânica e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Brasília, 2003. Disponível: www.planalto.gov.br/Leis/L10.831.htm; Acesso em: 23/04/2014.

BRANDENBURG, A. **Movimento agroecológico: trajetória, contradições e perspectivas**. Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR). Curitiba, N.6, p. 11-28, 2003.

CAMPOS, C.P. **Emissões Históricas de CO_2 da Mudança do Uso da Terra para Agricultura e Pastagem e a Contribuição dos Países para a Mudança do Clima - a Proposta do Brasil para a Convenção do Clima**. Tese de Doutoramento. Rio de Janeiro. COPPE. UFRJ. 2007.

CAPORAL, F.R. **Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição para agriculturas mais sustentáveis**. IX Simpósio Nacional sobre o Cerrado e o Simpósio Internacional Savanas Tropicais. Brasília, D.F. 2008. Disponível em: http://portal.mda.gov.br; Acesso em: 25/05/2014.

CARVALHO, G.; SANTILLI, M.; MOUTINHO, P.; BATISTA, Y. **Perguntas e respostas sobre mudanças climáticas**. Belém: IPAM, 2002. 32 p.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. Rio de Janeiro, 2001. 35 p.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Roteiro básico para a elaboração de um projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo** - MDL. Rio de Janeiro, 2002. 52 p.

CENAMO, M. C. **Mudanças Climáticas, o Protocolo de Quioto e o Mercado de Carbono**. 2004 Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proclima /file/publicacoes/relatorios_ipcc/portugues/cenamo_mc.pdf>. Acesso em 16/02/2015.

CENAMO, M.C. **O Mercado de carbono e oportunidades para o agronegócio brasileiro**. Piracicaba: CEPEA/DEAS/ESALQ/USP, Set. 2005. 4 p. Disponível em <http://www.cepea. esalq.usp.br/pdf/beefpoint_cepea.pdf>. Acesso em 31/10/2015.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. E. P.; FELLER, C. **Carbon cycling and sequestration opportunities in South America: the case of Brazil. Soil Use and Management.** Oxford, v. 20, p. 248-254, 2004.

CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. **Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options**. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 64, p. 83-99, 2007.

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. Porto Alegre-RS: L&PM, 1987.

COSTANZA, R., d'Arge, R.; Groot, R.; Farberk, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Paul Suttonkk, P.; Belt, M. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. Nature. London.Vol. 387. May, 1997.

DAROLT, M.R. **Agricultura Orgânica: inventando o futuro**. Londrina. IAPAR, 2002.

DELGADO, G. **Capital financeiro e agricultura no Brasil**. São Paulo: Ícone, 1985. 240 p.

DELGADO, G. **A questão agrária no Brasil: 1950- 2003**. In: RAMOS FILHO, L.O.; ALY JÚNIOR, O. (Org.). Questão agrária no Brasil: perspectiva histórica e configuração atual. São Paulo: INCRA, 2005. 128 p.

ECOSYSTEM MARKETPLACE. ***State of the Voluntary Carbon Markets***. Disponível: http://www.ecosystemmarketplace.com/articles/2013-voluntary-carbon-markets-report-br-now-available-for-download. Acesso: 27/07/2015.

EHLERS, E. **Agricultura Sustentável - Origens e perspectivas de um novo paradigma**. São Paulo. Livros da Terra, 1996. 157 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2ª. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. Brasília. 2006

FAO/INCRA. Novo Retrato da Agricultura Familiar: Brasil Redescoberto. Brasília, 2000.

FEARNSIDE, P.M. **A Floresta Amazônica nas Mudanças Globais**. Manaus, AM: INPA. 2003. 134 p.

FERNANDES, T.J. Análise econômica do sequestro de CO_2 pela heveicultura. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2003. 69 p.

FiBL. *Forschungsinstitut für biologischen Landbau*. Instituto Pesquisa de Agricultura Orgânica. **World Organic-dados coletados da agricultura orgânica.** 2010. Disponível em http://www.organic-world.net; Acesso em: 25/05/2014.

FiBL & IFOAM. **The World of Organic Agriculture: statistics & emerging trends** 2022. Disponível em https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1344-organic-world-202 2.pdf; Acesso em: 19/11/2022.

FIGUEREDO, E. **Balanço de Gases de Efeito Estufa e Emissões de CO_2 do Solo nos Sistemas de Colheita da Cana-de-Açúcar Manual Queimada e Mecanizada Crua.** Jaboticabal. Tese de Doutorado. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo. 2012.

FOSTER, J. B. **A ecologia de Marx: materialismo e natureza**. Tradução de Maria Tereza Machado. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2010.

FRANGETTO, F.; GAZANI, F.R. **Viabilização jurídica do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil - O Protocolo de Kyoto e a cooperação internacional.** Brasília, DF: IIEB - Instituto Internacional de Educação no Brasil, 2002. 477 p.

FREITAS, J. C. **Agricultura Sustentável**: Uma análise comparativa dos fatores de produção entre Agricultura Orgânica e Agricultura Convencional. 2002. Dissertação (Mestrado em Economia) - Departamento de Economia. Universidade de Brasília, Brasília.

FRIEDRICH, J.C. C; FEIDEN, A; FULBER, V.M. **Agricultura orgânica – Uma discussão sobre mercado de orgânicos na perspectiva local e internacional** in Research, Society and Development, v. 11, n. 12, e417111234745, 2022.

GIACOMELLI, V. **Análise bioeconômica do sequestro florestal de carbono e da dívida ecológica: uma aplicação ao caso do Rio Grande do Sul**. 2007. 456f. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

GIANNINI, **A. Crédito de Carbono a partir do Reflorestamento com Seringueira.** Monografia. Engenharia de Agronegócios. Universidade Federal Fluminense-UFF. Volta Redonda. RJ, 2011.

GRAZIANO DA SILVA, J. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. 2ª ed. revista. Campinas: UNICAMP/IE, 1998.

HARVEY, D. **O Novo Imperialismo**. São Paulo, Edições Loyola, 2004. 187 p.

HESPANHOL, R. **Perspectivas da agricultura sustentável no Brasil**. Confins (Paris), v. 2, p. 01-15, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro Geografia e Estatística. Censo agropecuário-2006. Rio de Janeiro. Quinquenal. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal-2011.** Rio de Janeiro. 2011.

IFOAM. Federação Internacional Movimentos de Agricultura Orgânica. ***World Organic* - dados da agricultura orgânica coletadas.** 2014. Disponível: http://www.ifoam.org; Acesso em: 22/04/2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Históricos**. Disponível: http://www.inmet. gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep#. Acesso em: 21/02/2015.

IPEA.PRODUÇÃO E CONSUMO DE PRODUTOS ORGÂNICOS NO MUNDO E NO BRASIL Sandra Kitakawa Lima1 Marcelo Galiza2 Alexandre Valadares3 Fabio Alves Fev/2020

IPCC. *Intergovernmental Panel On Climate Change.* ***Climate Change 2007: synthesis report.*** PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. (Ed.). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland, 2007.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* ***Revised 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual***. 2010.

IPCC. *Intergovernamental Panel on Climate Change. Working Group III:* ***Mitigation of Climate Change****. Chapter 8: Transport*. Disponível: http://report.mitigation2014.org/ drafts/ final-draft-postplenary/ipcc_wg3_ar5_final-draft_postplenary_chapter8.pdf.Acesso: 5/05/2015.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* ***Climate change 2007: mitigation of climate change****. Summary for policymakers*. Bangkok. 2007. *Working Group III contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report*. 2007. 35p.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* ***Climate change 2007: the physical science basis****. Summary for Policymakers*. Paris. 21p. 2007. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2007.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* ***2000 Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories***. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., et al. (eds.) *Intergovernmental Panel on Climate Change.* Hayama, Japão. 2000.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* ***2003 Good practice guidance for land use, land-use change and forestry***. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., et al. (eds.) *Institute for Global Environmental Strategies.* Hayama, Japão. 2003.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* ***2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories***. Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. e Tanabe, K. (eds.) *Institute for Global Environmental Strategies*. Hayama, Japão. 2006.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* **Climate change 2007: synthesis report***. Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pachauri, R.K. e Reisinger, A. (ed) IPCC. Genebra, Suíça. 2007. p 104.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* ***IPCC Third Assessment Report****.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 2001.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* ***IPCC Fifth Assessment Report****.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 2010.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Base Científica das Mudanças Climáticas: Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional. Revisado. PBMC. Brasília, DF. 2015.

IPD. Instituto de Promoção do Desenvolvimento. Ministério de Ciência e Tecnologia. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Perfil do mercado orgânico brasileiro como processo de inclusão social**. IPD. Curitiba: 2010. Disponível: http://ipd.org.br/upload/tiny_mce/arquivos/Perfil_do_mercado_organico_brasileiro_como_processo_de_inclusao_social.pdf; Acesso em: 15/05/2014.

JURAS, I. A. **Mudança do clima: Principais conclusões do 5º Relatório do IPCC.** Nota Técnica. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Brasília, DF. 2014. 9 p.

KARLEN, D.L.; MAUSBACK, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. **Soil Quality: A conception, definition, and framework for evaluations**. Soil Science Society of America Journal. 61:4-10. 1997.

KEENEY D.R., BREMNER J.M. Use of the Coleman model 29. *A analyser for total nitrogen analysis of soils. Soil Science*, v.104 (5), p. 358-363, 1967.

KHATOUNIAM, C.A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: agroecológica, 2001. 345 p.

KUMAR, P. **TEEB-The economics of valuing ecosystem services and biodiversity**. Cap.5. Ed. Earthscan, Londres e Washington. 2010.

LACERDA, Ligia Aparecida de Arruda Camargo. **Garimpo no ar: a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável). Centro de Desenvolvimento Sustentável. UnB: Universidade de Brasília, Brasília. 2001. 111 p.

LAMY, A.C.; MERTENS, F.A.; MOUTINHO, P.R. **Florestas Tropicais nas Negociações Internacionais sobre a Mudança do Clima Global: Barreiras Históricas e Perspectivas Futuras**. MAPA. CDS/ UnB. IPAM. Disponível: http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/AR QUIVOS/GT13-374-819-20080510193601.pdf. Acesso em 21/01/2016.

LIMIRO, D. **Créditos de Carbono**. Protocolo de Kyoto e Projetos MDL. Curitiba: 2009.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2012. Disponível em: http://www. agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos/regularizacao-producao-organica. Acesso em: 28/04/2014.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. História das Agriculturas no Mundo - do Neolítico à Crise Contemporânea. São Paulo. Editora UNESP. Brasília, DF: NEAD, 2010.

MCTI - Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **II Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 2010.** II Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de efeito estufa - Relatório de Referência. Coordenação Geral de Mudanças Globais. Brasília, DF, Brasil, 120p. 2010. Disponível em: http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2014/ 11/mcti-lanca-estimativas-anuais-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-no-brasil.Acesso em: 20/04/2014.

MEIRELLES, L. **A certificação de produtos orgânicos: caminhos e descaminhos**. Centro Ecológico Ipê – Serra. Litoral Norte. Assessoria e formação em agricultura Ecológica. Ipê-SP. 2003. Disponível: http://www.centroecologico.org.br.php; Acesso em: 16/05/2014.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Estratégia Nacional para REDD+**. **Anexo Técnico referente à Decisão 14/CP.19 Resultados obtidos pelo Brasil com a Redução de Emissões provenientes do Desmatamento no bioma Amazônia para pagamentos por resultados de REDD+**. Brasília, DF, 2015.

MOTA, J.A.; GAZONI, J.L.; REGANHAN, J.M.; SILVEIRA, M.T.S.; GÓES, G.S. **Trajetória da Governança Ambiental**. Revista IPEA: regional e urbano. 2008. Disponível: http://ipea.gov.br/agencia/ images/stories/PDFs/boletim_regional/081207_boletimregional1_ cap3 .pdf. Acesso em 15/08/2015.

MOTTA, R.S. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais.** Coordenação de Estudos do Meio Ambiente do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e da Coordenação Geral de Diversidade Biológica do Ministério do Meio Ambiente. IPEA/MMA/PNUD/CNPq. Brasília, DF. 1997. 242 p.

MOURA, R. **Mitos Climáticos**. Disponível: http://mitos-climaticos.blogspot.com.br/2005/12/ resultados-da-cop-11.html. Acesso em 0612/2015.

MOUTINHO, P. **COP-21: Desafio do Brasil é ampliar agricultura de baixo carbono.** Instituto de Pesquisa de Amazônia (Ipam) Disponível: http://www.observatorioabc.com.br/cop-21-desafio-do-brasil-ampliar-agricltura-de-baixo-carbono?locale=ptbr#sthash.dl2FFHQH.dpuf. Acesso: 20/01/2016.

MÜLLER, G. **Complexo Agroindustrial e Modernização Agrária**. São Paulo: Hucitec, 1989. 149 p.

NORDHAUS, W. D. & and Boyer, J. **Warming the World: Economic Models of Global Warming**. Cambridge, Mass: The MIT Press, 2006.

OI. Organizações Internacionais Intergovernamentais. **Análise das Emissões de GEE, Brasil (1990-2012): Mudança do Uso da Terra.** Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia-Imazon. S.P, 2014.

PRIMAVESI, A. **Revisão do conceito de agricultura orgânica: conservação do solo e seu efeito sobre a água**. Palestra no Sindicato Rural de Itaí (SINDAI). Biológico, São Paulo, v.65, n.1/2, p.69-73, jan./dez., 2003.

PRIMAVESI, A. **Revisão do conceito de agricultura orgânica: conservação do solo e seu efeito sobre a água**. Palestra no Sindicato Rural de Itaí (SINDAI). Biológico, São Paulo, v.65, n.1/2, p.69-73, jan./dez., 2003.

RAIJ, B. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Editora Agronômica Ceres. 1991. 343 p.

STELLA, O.; RETTMANN, R.; CHRISTOVAM, M. **Brasil segue rumo à economia de baixo carbono**. 2010. Disponível: http://www.agsolve.com.br/noticias/artigo-brasil-segue-rumo-a-economia-de-baixo-carbono. Acesso: 19/11/2011.

STERN, N. ***Key elements of a global deal on climate change***. Londres: *The London School of Economics and Political Science*, 2008.

STERN, T. **Prorrogado o Protocolo de Kyoto**. Revista *Agroanalysis*. Sustentabilidade. Janeiro de 2012. p 22-23.

UNFCCC. United Nations Framework Conventions on Climate Change. Site institucional. 2015. Disponível: http://unfccc.int/focus/indc_portal/items/8766.php. Acessado em 09/08/2015.

URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; JANTALIA, C.P. & BODDEY, R.M. **Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: uma análise crítica**. Inf. Agron., 130:12-21, 2010.

USDA. United States Department of Agriculture. **Soil Quality.** *Thunderbook*. A Note about Soil Quality and the *Thunderbook*, 2010.

USEPA. *United States Enviromental Protection Agency. Second International Conference on Methane Mitigation, Novosibirsk.* ***Proceedings of the Workshop Results of Intergovern-mental Panel on Climate Change***. Washington, D.C. *June*, 2010.

VIOLA, E. **O regime internacional de mudança climática e o Brasil**. Revista Brasileira de Ciências Sociais, vol. 17, nº. 50, p. 25-46, 2002.

VIOLA, E. **A Participação do Brasil no Protocolo de Kyoto**. Carta Internacional, Ano X, nº 107/108, p. 16-18, 2002.

VEIGA, J. O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: HUCITEC, 1991. 2ª ed.

VENTURA, A. C.; ANDRADE, J. C. S. **O protocolo de Kyoto: oportunidades de negócios para a Bahia**. Revista Desenbahia. Salvador, BA, v. 04, n. 06, p.25-44, março, 2007.

WRI. *World Resources Institute*. **Metodologia do *Greenhouse Gas Protocol* da Agricultura.** 2014. Disponível:http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Metodologia.pdf. Acesso: 13/01/15.

WWF. *World Wide Found.* RITTL, C. N**egociações de Durban são Oportunidades para passar do Discurso à Prática.** WWF-Brasil**.** Brasília, DF. 2012

WWF. *World Wide Found.* **Relatório Anual 2012**. WWF-Brasil. Brasília, DF. 2012. p 44.

ANEXO 1

Manejo	Área útil (m^2)	Volume de solo (m^3)	Estoque de carbono (t)*	Estoque de N (t)	Taxa de acúmulo de C (%)	Soma de acumulação futura de C (t/ano)	Soma de acumulação futura de N (t/ano)	t CO_2e. ano^{-1} de C	t CO2e. ano^{-1} de N	t CO_2 $e.ano^{-1}$ para a área sob cultivo orgânico	t CO_2 $e.ano^{20}$ para a área sob cultivo rgânico
Berinjela	1700	510,0	13,0	1,47	2,53	0,3277	0,0372	1,09	0,42	1,52	30,30
Jiló	1200	360,0	10,4	1,18	2,53	0,2621	0,0298	0,87	0,34	1,21	24,24
Milho	3200	960,0	26,3	2,99	2,53	0,6665	0,0757	2,22	0,86	3,08	61,63
Pasto 1	35145	10543,5	265,5	30,15	0,00	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
Pasto 2	32350	9705,0	239,5	27,20	0,00	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
Pimenta	800	240,0	7,9	0,89	2,53	0,1993	0,0226	0,66	0,26	0,92	18,43
Reserva	5440	1632,0	53,8	6,11	0,50	0,2690	0,0305	0,90	0,35	1,24	24,87
Tomate	3300	1980,0	57,1	6,49	2,53	1,4446	0,1641	4,82	1,86	6,68	133,58
	83135	25930,5	673,4	76,49	1,64	3,17	0,36	10,56	4,09	14,65	293,05

Manejo	Área útil (m^2)	Volume de solo (m^3)	Estoque de carbono (t)*	Estoque de N (t)	Taxa de acúmulo de C (%)	acumulação futura de C (t / ano)	acumulação futura de N (t/ ano)	t CO_2e. ano^{-1} de C	t CO_2e. ano^{-1} de N	t CO_2 $e.ano^{-1}$ para a área sob cultivo orgânico	t CO_2 $e.ano^{20}$ para a área sob cultivo orgânico
Berinjela	1700	510,0	13,0	1,30	0,4250	0,0551	0,0055	0,18	0,06	0,25	4,92
Jiló	1200	360,0	10,4	1,04	0,4250	0,0440	0,0044	0,15	0,05	0,20	3,94
Milho	3200	960,0	26,3	2,63	0,4250	0,1120	0,0112	0,37	0,13	0,50	10,01
Pasto 1	35145	10543,5	265,5	26,55	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
Pasto 2	32350	9705,0	239,5	23,95	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00
Pimenta	800	240,0	7,9	0,79	0,4250	0,0335	0,0033	0,11	0,04	0,15	2,99
Reserva	5440	1632,0	53,8	5,38	0,5000	0,2690	0,0269	0,90	0,31	1,20	24,04
Tomate	3300	1980,0	57,1	5,71	0,4250	0,2427	0,0243	0,81	0,28	1,08	21,69
Total Geral	83135	25930,5	673,4	67,34	0,33	0,76	0,08	2,52	0,86	3,38	67,59

ANEXO 2

Eqn 8077 LorCum_(a,b,c)
y=5,305659310440012*(atan((x-2015,987213497388)/5 ,123373468628511)+1,5707963267948966192)/3, 1415926535897932384

r^2 Coef Det	DF Adj r^2	Fit Std Err
0.9011623870	0.8418598193	0.2273862744

Parm	Value	Std Error	t-value	95% Confidence	Limits	P>ltl
a	5.305659310	3.789066431	1.400255025	-3.96585224	14.57717086	0.02109
b	2015.987213	4.608669263	437.4336926	2004.710206	2027.264221	0.00000
c	5.123373469	1.863506319	2.749319075	0.563537775	9.683209162	0.03332

Area Xmin-Xmax	Area Precision
16.183494874	5.551417e-16

Function min	X-Value	Function max	X-Value
0.5238708766	2000.0037687	2.3313494909	2 015.0000000

1st Deriv min	X-Value	1st Deriv max	X-Value
0.0307134535	2000.0037687	0.3178343304	2015.0000000

2nd Deriv min	X-Value	2nd Deriv max	X-Value
0.0034850754	2000.0037687	0.0417897071	2013.0300493

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Statistic	P>F
Regr	2.8285284	2	1.4142642	27.3528	0.00097
Error	0.31022711	6	0.051704518		
Total	3.1387556	8			

Date	Time	File Source
Jan 25, 2016	5:56:19 PM	d:\teordecarbono.xls

ANEXO 3

Eqn 8078 LorCum(a,b,c,d)
y=0.7432224657936477+1.672402596569078*(atan((x-2012.2966 97629606)/3.955859784242188)+1.570796326 7948966192)/3.1415926535897932384

r^2 Coef Det	DF Adj r^2	Fit Std Err
0.9605407034	0.9210814067	0.1573868397

Parm	Value	Std Error	t-value	95% Confidence	Limits	P>ltl
a	0.743222466	0.077975829	9.531446855	0.542779217	0.943665715	0.00022
b	1.672402597	0.260618093	6.417062530	1.002462460	2.342342733	0.00136
c	2012.296698	0.286531539	7022.950084	2011.560145	2013.033250	0.00000
d	3.955859784	0.351624627	1.453705339	-0.39272128	1.415038480	0.02057

Area Xmin-Xmax	Area Precision
16.080030470	9.245439e-08

Function min	X-Value	Function max	X-Value
0.7653453195	2000.0037687	2.3161407525	2015.0000000

1st Deriv min	X-Value	1st Deriv max	X-Value
0.0017975693	2000.0037687	1.0414424024	2012.2965540

2nd Deriv min	X-Value	2nd Deriv max	X-Value
-1.323336327	2012.5924007	1.3233347589	2012.0022724

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Statistic	P>F
Regr	3.0149025	3	1.0049675	40.571	0.00062
Error	0.12385309	5	0.024770617		
Total	3.1387556	8			

Date	Time	File Source
Jan 25, 2016	5:54:34 PM	d:\teordecarbono.xls

ANEXO 4

ANO	C observado (%)	C estimado (%) Modelo Otimista	C estimado (%) Modelo Conservador	Taxa (% de aumento do teor do C – Modelo Otimista	Taxa (% de aumento do teor do C – Modelo Conservador
2000	0,70	0,52	0,91		
2001		0,56	0,92		
2002	0,70	0,59	0,94		
2003		0,63	0,96		
2004	0,65	0,68	0,98		
2005		0,74	1,01		
2006	0,70	0,80	1,04		
2007		0,88	1,08		
2008	0,95	0,96	1,14		
2009		1,07	1,21		
2010	1,10	1,20	1,30		
2011		1,35	1,41		
2012	1,25	1,54	1,54		
2013		1,76	1,67		
2014	2,16	2,03	1,80		
2015	2,25	2,33	1,90		
2016		2,66	1,98	0,326	0,081
2017		2,98	2,04	0,325	0,063
2018		3,29	2,09	0,303	0,049
2019		3,55	2,13	0,266	0,039
2020		3,77	2,16	0,224	0,031
2021		3,96	2,19	0,186	0,025
2022		4,11	2,21	0,153	0,021
2023		4,24	2,23	0,126	0,018
2024		4,34	2,24	0,105	0,015

2025		4,43	2,25	0,088	0,013
2026		4,51	2,27	0,074	0,011
2027		4,57	2,28	0,063	0,010
2028		4,62	2,28	0,055	0,009
2029		4,67	2,29	0,047	0,008
2030		4,71	2,30	0,041	0,007
2031		4,75	2,30	0,037	0,006
2032		4,78	2,31	0,032	0,005
2033		4,81	2,32	0,029	0,005
2034		4,84	2,32	0,026	0,005
2035		4,86	2,32	0,023	0,004
TAXA MÉDIA ACUMULADA				**2,530**	**0,425**

ANEXO 5

MODELO OTIMISTA

Densidade do solo → 1,2

Taxa de acúmulo para o sistema produtivo (Estimado para o período entre 2015 a 2035) → 2,53

Taxa de acúmulo para reserva (estimado pela literatura) → 0,5

Taxa de acúmulo para pasto (DESCONSIDERADO)→ 0

Área	Profundidade	N (%)	C (%)	Área (m2)	Espessura da camada amostrada (m)	Volume de solo por camada (m3)	Massa de solo (ton/m3)	C Estoque por camada (ton)	N Estoque por camada (ton)	Taxa média anual de acumulo de C (%) da propriedade para os próximos 20 anos	acumulação futura de C (ton / ano)	acumulação futura de N (ton/ano)
Reserva	0-5	0,67	6,1	5440	0,05	272,0	326,4	19,88	2,26	0,5	0,0994	0,0113
Reserva	5-10	0,34	3,5	5440	0,05	272,0	326,4	11,33	1,29	0,5	0,0566	0,0064
Reserva	10-20	0,07	2,1	5440	0,1	544,0	652,8	13,51	1,53	0,5	0,0676	0,0077
Reserva	20-30	0,06	1,4	5440	0,1	544,0	652,8	9,07	1,03	0,5	0,0454	0,0052
Pasto 1	0-5	0,22	2,8	35145	0,05	1757,3	2108,7	58,20	6,61	0	0,0000	0,0000
Pasto 1	5-10	0,09	2,2	35145	0,05	1757,3	2108,7	45,76	5,20	0	0,0000	0,0000
Pasto 1	10-20	0,10	2,0	35145	0,1	3514,5	4217,4	82,66	9,39	0	0,0000	0,0000
Pasto 1	20-30	0,29	1,9	35145	0,1	3514,5	4217,4	78,87	8,96	0	0,0000	0,0000
Pasto 2	0-5	0,40	2,7	32350	0,05	1617,5	1941,0	52,60	5,97	0	0,0000	0,0000
Pasto 2	5-10	0,22	2,4	32350	0,05	1617,5	1941,0	46,00	5,22	0	0,0000	0,0000
Pasto 2	10-20	0,07	1,9	32350	0,1	3235,0	3882,0	74,15	8,42	0	0,0000	0,0000
Pasto 2	20-30	0,10	1,7	32350	0,1	3235,0	3882,0	66,77	7,58	0	0,0000	0,0000
Tomate	0-5	0,44	3,6	1800	0,05	90,0	108,0	3,93	0,45	2,53	0,0995	0,0113
Tomate	5-10	0,28	3,2	1800	0,05	90,0	108,0	3,45	0,39	2,53	0,0872	0,0099
Tomate	10-20	0,17	2,7	1800	0,1	180,0	216,0	5,88	0,67	2,53	0,1486	0,0169
Tomate	20-30	0,17	2,0	1800	0,1	180,0	216,0	4,36	0,50	2,53	0,1104	0,0125
Berinjela	0-5	0,42	2,9	1700	0,05	85,0	102,0	2,92	0,33	2,53	0,0738	0,0084
Berinjela	5-10	0,07	2,3	1700	0,05	85,0	102,0	2,39	0,27	2,53	0,0604	0,0069
Berinjela	10-20	0,19	2,1	1700	0,1	170,0	204,0	4,20	0,48	2,53	0,1063	0,0121
Berinjela	20-30	0,03	1,7	1700	0,1	170,0	204,0	3,45	0,39	2,53	0,0872	0,0099
Pimenta	0-5	0,51	3,2	800	0,05	40,0	48,0	1,52	0,17	2,53	0,0385	0,0044
Pimenta	5-10	0,53	3,2	800	0,05	40,0	48,0	1,52	0,17	2,53	0,0384	0,0044
Pimenta	10-20	0,38	2,6	800	0,1	80,0	96,0	2,52	0,29	2,53	0,0639	0,0073
Pimenta	20-30	0,17	2,4	800	0,1	80,0	96,0	2,31	0,26	2,53	0,0585	0,0066
Tomate	0-5	0,47	2,6	4800	0,05	240,0	288,0	7,40	0,84	2,53	0,1873	0,0213
Tomate	5-10	0,19	2,5	4800	0,05	240,0	288,0	7,08	0,80	2,53	0,1792	0,0204
Tomate	10-20	0,10	2,3	4800	0,1	480,0	576,0	13,36	1,52	2,53	0,3381	0,0384
Tomate	20-30	0,10	2,0	4800	0,1	480,0	576,0	11,64	1,32	2,53	0,2944	0,0334
Milho	0-5	0,25	2,5	3200	0,05	160,0	192,0	4,88	0,55	2,53	0,1234	0,0140
Milho	5-10	0,45	3,4	3200	0,05	160,0	192,0	6,49	0,74	2,53	0,1642	0,0186
Milho	10-20	1,75	2,3	3200	0,1	320,0	384,0	8,64	0,98	2,53	0,2186	0,0248
Milho	20-30	0,10	1,7	3200	0,1	320,0	384,0	6,34	0,72	2,53	0,1603	0,0182
Jiló	0-5	0,41	2,6	1200	0,05	60,0	72,0	1,89	0,21	2,53	0,0477	0,0054
Jiló	5-10	0,39	2,8	1200	0,05	60,0	72,0	1,99	0,23	2,53	0,0505	0,0057
Jiló	10-20	0,11	2,4	1200	0,1	120,0	144,0	3,51	0,40	2,53	0,0889	0,0101
Jiló	20-30	0,09	2,1	1200	0,1	120,0	144,0	2,97	0,34	2,53	0,0750	0,0085

ANEXO 6

MODELO PESSIMISTA

Densidade do solo → 1,2

Taxa de acúmulo para o sistema produtivo (Estimado para o período entre 2015 a 2035) → 0,425

Taxa de acúmulo para reserva (estimado pela literatura) → 0,5

Taxa de acúmulo para pasto (DESCONSIDERADO)→ 0

Área	Profundidade	N (%)	C (%)	Área (m2)	Espessura da camada amostrada (m)	Volume de solo por camada (m3)	Massa de solo (ton/m3)	C Estoque por camada (ton)	N Estoque por camada (ton)	Taxa média anual de acumulo de C (%) da propriedade para os próximos 20 anos	acumulação futura de C (ton / ano)	acumulação futura de N (ton/ano)
Reserva	0-5	0,666	6,1	5440	0,05	272,0	326,4	19,88	2,26	0,5	0,0994	0,0113
Reserva	5-10	0,338	3,5	5440	0,05	272,0	326,4	11,33	1,29	0,5	0,0566	0,0064
Reserva	10-20	0,073	2,1	5440	0,1	544,0	652,8	13,51	1,53	0,5	0,0676	0,0077
Reserva	20-30	0,061	1,4	5440	0,1	544,0	652,8	9,07	1,03	0,5	0,0454	0,0052
Pasto 1	0-5	0,219	2,8	35145	0,05	1757,3	2108,7	58,20	6,61	0	0,0000	0,0000
Pasto 1	5-10	0,090	2,2	35145	0,05	1757,3	2108,7	45,76	5,20	0	0,0000	0,0000
Pasto 1	10-20	0,100	2,0	35145	0,1	3514,5	4217,4	82,66	9,39	0	0,0000	0,0000
Pasto 1	20-30	0,288	1,9	35145	0,1	3514,5	4217,4	78,87	8,96	0	0,0000	0,0000
Pasto 2	0-5	0,402	2,7	32350	0,05	1617,5	1941,0	52,60	5,97	0	0,0000	0,0000
Pasto 2	5-10	0,220	2,4	32350	0,05	1617,5	1941,0	46,00	5,22	0	0,0000	0,0000
Pasto 2	10-20	0,069	1,9	32350	0,1	3235,0	3882,0	74,15	8,42	0	0,0000	0,0000
Pasto 2	20-30	0,100	1,7	32350	0,1	3235,0	3882,0	66,77	7,58	0	0,0000	0,0000
Tomate	0-5	0,437	3,6	1800	0,05	90,0	108,0	3,93	0,45	0,425	0,0167	0,0019
Tomate	5-10	0,276	3,2	1800	0,05	90,0	108,0	3,45	0,39	0,425	0,0146	0,0017
Tomate	10-20	0,167	2,7	1800	0,1	180,0	216,0	5,88	0,67	0,425	0,0250	0,0028
Tomate	20-30	0,174	2,0	1800	0,1	180,0	216,0	4,36	0,50	0,425	0,0185	0,0021
Berinjela	0-5	0,424	2,9	1700	0,05	85,0	102,0	2,92	0,33	0,425	0,0124	0,0014
Berinjela	5-10	0,074	2,3	1700	0,05	85,0	102,0	2,39	0,27	0,425	0,0101	0,0012
Berinjela	10-20	0,191	2,1	1700	0,1	170,0	204,0	4,20	0,48	0,425	0,0179	0,0020
Berinjela	20-30	0,029	1,7	1700	0,1	170,0	204,0	3,45	0,39	0,425	0,0147	0,0017
Pimenta	0-5	0,511	3,2	800	0,05	40,0	48,0	1,52	0,17	0,425	0,0065	0,0007
Pimenta	5-10	0,526	3,2	800	0,05	40,0	48,0	1,52	0,17	0,425	0,0064	0,0007
Pimenta	10-20	0,377	2,6	800	0,1	80,0	96,0	2,52	0,29	0,425	0,0107	0,0012
Pimenta	20-30	0,165	2,4	800	0,1	80,0	96,0	2,31	0,26	0,425	0,0098	0,0011
Tomate	0-5	0,473	2,6	4800	0,05	240,0	288,0	7,40	0,84	0,425	0,0315	0,0036
Tomate	5-10	0,190	2,5	4800	0,05	240,0	288,0	7,08	0,80	0,425	0,0301	0,0034
Tomate	10-20	0,100	2,3	4800	0,1	480,0	576,0	13,36	1,52	0,425	0,0568	0,0065
Tomate	20-30	0,100	2,0	4800	0,1	480,0	576,0	11,64	1,32	0,425	0,0494	0,0056
Milho	0-5	0,253	2,5	3200	0,05	160,0	192,0	4,88	0,55	0,425	0,0207	0,0024
Milho	5-10	0,448	3,4	3200	0,05	160,0	192,0	6,49	0,74	0,425	0,0276	0,0031
Milho	10-20	1,752	2,3	3200	0,1	320,0	384,0	8,64	0,98	0,425	0,0367	0,0042
Milho	20-30	0,100	1,7	3200	0,1	320,0	384,0	6,34	0,72	0,425	0,0269	0,0031
Jiló	0-5	0,414	2,6	1200	0,05	60,0	72,0	1,89	0,21	0,425	0,0080	0,0009
Jiló	5-10	0,387	2,8	1200	0,05	60,0	72,0	1,99	0,23	0,425	0,0085	0,0010
Jiló	10-20	0,106	2,4	1200	0,1	120,0	144,0	3,51	0,40	0,425	0,0149	0,0017
Jiló	20-30	0,086	2,1	1200	0,1	120,0	144,0	2,97	0,34	0,425	0,0126	0,0014

ADIR GIANNINI DA COSTA - Nascida em 1946, no subúrbio do Rio de Janeiro - RJ, engenheira ambiental, perita ambiental e economista, mestre em Tecnologia Ambiental, atuou como Analista de Projetos no BNDES durante vinte anos. Sua vida profissional foi dedicada à contribuição da redução da desigualdade econômica e social, tendo a oportunidade de demonstrar, ainda na década dos anos 60, a importância do consumo da água fervida e filtrada às comunidades rurais. Coordenou, em nível nacional, o "Projeto Casulo: modelo descentralizado da Reforma Agrária", integrante de um dos programas das Organizações das Nações Unidas - ONU. Foi uma das coordenadoras do "Projeto Acre: Humanizar o Desenvolvimento", primeiro zoneamento agroecológico no Brasil, no Estado do Acre. Participou também da implantação e consolidação das Reservas Extrativistas (RESEX) dos seringueiros naquele Estado. A desigualdade econômica e social na área rural é abissal. Dessa forma, começou a dedicar-se às formas de compensação financeira para os produtores rurais de alimentos orgânicos, sob a forma do sistema de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA).

ELIS DE SOUZA PINTO - Nascida em 1990, no município de Barra do Piraí - RJ, engenheira ambiental, direciona sua vida profissional aos projetos de serviços ambientais, em especial, ao Programa Produtores de Água e Floresta na Bacia Hidrográfica do Guandu, no Estado do Rio de Janeiro. Suas principais atividades nestes projetos referem-se à gestão dos contratos com os produtores rurais, bem como à análise do estado de conservação das áreas rurais e ao monitoramento dos resultados obtidos em cada propriedade. Atuou, diretamente, no apoio aos produtores, incentivando-os à adesão ao referido Programa para obtenção dos Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA). Realizou pesquisas sobre o estado trófico das águas do Rio Piraí, pertencente àquela Bacia, obtendo dados primários necessários à realização de análises químicas pertinentes, de acordo com os parâmetros utilizados para avaliação de eutrofização de rios e lagos.